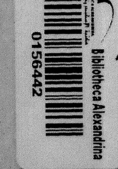
أحوال وسلوكية التربة

وتفاصيل الجدران الإستنادية

اعداد المهندس

عماد محمد عدنان تنبكجي



اهداءات ١٩٩٨
مؤسسة الاهرام للنشر والتوزيع
القاهرة

أسس العمارة والإنشاء
من الألف إلى الياء
الجزء الأول

أحوال وسلوكية التربة
وتفاصيل الجدران الإستنادية

إعداد المهندس
عماد محمد عدنان تنبكجي

الطبعة الأولى

١٤١١هـ ـ ١٩٩١م

الكتاب : أحوال وسلوكية التربة وتفاصيل الجدران الإستناديّة .
المؤلف : المهندس عماد محمد عدنان تنبكجي .
المطبعة : الشام .
عدد النسخ : (١٠٠٠) ألف نسخة .
التنضيد الضوئي ـ والإخراج : مؤسسة التنضيد التصويري [دبس] .
يطلب الكتاب من :
المؤلّف شخصيّاً : دمشق ـ المزة ـ مساكن شعبية قديمة ٤٥/٣
هاتف : ٢٤٤٣٨٥ / ٢٤٤٨٣١ .

بسم الله الرحمن الرحيم

ــ 1 . 0 المقدمة :

سيتناول هذا الكتاب والذي يليه ، كافة المعلومات التي يمكن لها مساعدة المهندس ، علىٰ فهم أسس وأساليب حساب وتصميم الأساسات ، والذي تمكّنه من تصميم وتنفيذ مشاريع بسيطة ، وتساعده علىٰ تحسُّس مشاكل التصميم الأكثر تعقيداً ، والتي غالباً ما يتصدّىٰ لها الإختصاصيُّون ذوو الخبرة في تصميم وحساب الأساسات . هذا ، ولإنجاز تصميم إقتصادي وآمن ، لا بدّ من أن يكون المعماري مؤهّلاً علميّاً ، ومتفهّماً للمعلومات الأوّليّة ، القادرة بحدّ ذاتها ، علىٰ توليد حسٍّ هندسي لديه .

سنتناول في هذا الكتاب والذي يليه ، طرق وأساليب حساب الأساسات بشكل عام ، وسنناقش بشيء من التفصيل ، أساليب حساب أساسات الأبنية . هذا ، وعلى الرغم من أنه من المتعذّر الفصل ما بين الأبحاث المراد مناقشتها ، إلاّ أننا سنقسم المعلومات المراد تفصيلها ، لتندرج ضمن كتابين ، الأول سيعنىٰ بدراسة ميكانيك التربة وتفاصيل الجدران المستخدمة في حجز الأتربة المسمّاة بالجدران الاستنادية . والثاني سيعنىٰ بدراسة الأساسات وطرق حساب وتجهيز مخططاتها .

تقوم الأساسات بنقل حمولة المنشأة الى التربة ، لذا فإن تصميمها يعتمد أساساً على نوعية ودرجة مقاومة الطبقة السفلية من التربة . لهذا سنبدأ الكتاب هذا ، بأبحاث تتناول أحوال التربة ، وهي أبحاث سندرجها ضمن فصلين ،

يناقش الفصل الأول منها ، السلوك النظري للتربة إزاء ما تتلقاه من حمولات ، والثاني سيناقش سلوك أنواع محددة منها على النطاق العملي ، وسيتناول الإجراءات التي يمكن أن تطبّق على التربة لتحسين نوعيتها ورفع كفاءتها .

سنناقش في مستهل تناولنا لأبحاث الفصل الثالث المخصص للجدران الاستنادية ، المظاهر الهندسية للتربة النوعية ، ومن بعد ذلك سنتناول أنواع وتفاصيل المنشآت المستخدمة في حجز التربة ، والمعروفة بالجدران الاستنادية . سيخصص الفصل الرابع ، لتناول وشرح الطريقة المثلى لحساب جدار استنادي نموذجي بسيط .

استندت معلومات الكتاب هذا ، على التعليمات الواردة في الكود البريطاني .

دمشق في 1990/9/1

ـ 2 . 0 تعريفات تمهيدية :

ـ 1 . 2 .0 التربة :

تعني التربة كمصطلح يندرج ضمن مجموعة مصطلحات هندسة الأساسات ، ذلك الجزء من الأرض الحامل لمنشأة ما . تشمل العبارة الطبقة الصخرية الأساسية من الأرض ، كما تشمل مواداً ردمها إنسان ما . لا تشمل العبارة مطلقاً ، الطبقة الناعمة المسماة بالتربة السطحية ، بما فيها المخلّفات النباتية ، التي غالباً ما نجدها على السطح .

ـ 2 . 2 . 0 هندسة التربة أو (ميكانيك التربة) :

إنه ذاك العلم الذي يبحث في سلوكية التربة (من منظور هندسي) ، وذلك عندما تتعرض التربة لتأثير خارجي وتغيرات ظرفية ، حيث تتم دراسة تأثيرات السمات السطحية للتربة على نوعية التربة ، وكذلك دراسة تأثيرات المناخ ، حركة المياه ، أعمال الحفر ، تأثيرات نقل التربة الى موضع جديد ، وتأثيرات معالجة التربة بطرق شتى . كما تتناول هندسة التربة بشكل خاص ، تغيرات الاجهاد داخل بنية التربة . تشمل مجموعة الأبحاث التي تتناولها هندسة التربة أيضاً ، دراسة القوى التي تردُّ بها التربة على المنشآت التي تكون على تلامس معها ، كما تشمل طرق الحصول على معطيات ومواصفات التربة ، بمساعدة اجراءات تقصٍّ الموقع .

ـ 3 . 2 . 0 ميكانيك الصخور :

وهو فرع أساسي من ميكانيك التربة ، يتناول الرواسب المتماسكة جيداً والمعروفة بالصخر ، حيث يتم تطبيق أسس الميكانيك ، والجيولوجيا ، لتحديد استجابة الصخور بشكل كمي ، عندما تتعرض لقوى البيئة ، وخاصة عندما تغير العوامل التي يُحدثها الإنسان ، القوى الأصلية المحيطة بها .

ـ 4 . 2 . 0 الأساسات :

هي تلك الأجزاء من المنشأة ، التي تقوم بنقل حمولاتها مباشرة الى التربة .

ندعو أحياناً جزء المنشأة الواقع تحت سطح الأرض الطبيعية بالمنشأة السفلية . يمكن ان تعدُّ المنشأة السفلية ، بمثابة جزء متمم للأساسات ، كما هو الحال في القبو الصلد مثلاً ، حيث يمكن للقبو بمواصفاته تلك ، امتلاك وسائل قادرة على توزيع الحمولات ، فوق أجزاء تلامس فعلياً سطح التربة . من وجهة نظر هندسية ، تعد بلاطة الإرتكاز الواقعة على سطح الأرض الطبيعية أساساً ، ولو أنها عادة ، تتلقى حمولات خفيفة جداً .

ـ 5 . 2 . 0 طبقة :

هي طبقة من التربة ، تتصف بمجموعة من الخصائص المستقلة . يمكن أن يشير الاصطلاح هذا جيولوجياً ايضاً ، الى طبقة خاصة من القشرة الأرضية ، تم تكوُّنها طبيعياً .

ـ 6 . 2 . 0 الصدع :

هو انقطاع في الطبقة ناشىء عن تكسُّر قشرة الأرض ، نتيجة تعرُّضها لانفعال ما .

ـ 7 . 2 . 0 رضم أو رص التربة :

يدلُّ الإصطلاح على انضغاط التربة ، نتيجة تعرُّضها لقوى آلية كالمدحلة مثلاً ، حيث تزداد الكثافة الجافة للتربة ، نتيجة الصدم أو نتيجة تسوية وتمهيد الطبقات السطحية .

ـ 8 . 2 . 0 تصلب أو تلزز التربة :

يدل الاصطلاح على انضغاط التربة الناشىء عن وزنها الذاتي أو تعرُّضها لحمولات مطبقة ، وتتمثل بعملية تتحول بها التربة الرخوة الى حالة متماسكة وقاسية ، وذلك عن طريق تهيؤ التربة المشبعة أو تعدُّلها ، كردٍّ فعل لازدياد الحمولة فوقها ، مما يؤدي الى طرد الماء من مسامِّها ، ونقص للنسبة الفراغية فيها .

ـ 9 . 2 . 0 هبوط التربة :

يشير الاصطلاح الى حركة التربة باتجاه الأسفل ، بسبب تعرضها لحمولة ما ، كالتصلب الطبيعي ، انخفاض نسبة الرطوبة ، أو بسبب تدهور التربة (زحل تربي سريع) .

ـ 10 . 2 . 0 انتفاخ أو جيشان التربة :

وهي حركة تصيب حبيبات التربة الناعمة ، نتيجة انخفاض الضغط السفلي الحالّ بها ، قبل حدوث الظاهرة ، أو نتيجة تدفُّق الرطوبة . جيشان التربة هي أيضاً وصف للحركة المتَّجهة نحو الأعلى ، والناشئة عن تدفُّق مادي لأيٍّ تربة ، وللإشارة الى ظاهرة التجمُّد .

ـ 11. 2 . 0 النطاق المائي أو منسوب المياه الجوفية :

هو سطح المستوي الفاصل بين نطاق التشبُّع ونطاق التهوية ، أي المستوي الذي تكون الأرض تحته مشبعة بالماء . وبمعنىً آخر هو المستوي الذي يكون فيه الإجهاد المحايد في التربة مساوياً للصفر .

ـ 12. 2 . 0 الإجهاد المحايد أو ضغط ماء مسامات التربة :

هو الإجهاد المنقول خلال المائع التخلُّلي ، المخترق لمسامات التربة ، أو لمسامات كتلة صخرية .

ـ 13. 2 . 0 فوران صقيعي :

هو تحرُّر كميات ضخمة من الماء ، نتيجة ذوبان مياه متجمِّدة ضمن فراغات تربة مجاشة ، مما يؤدي لاحقاً الى تلينُّ التربة .

الفصل الأول
بنية التربة النظامية وسلوكها إزاء التأثيرات الخارجية

ـ 1.0 المقدمة :

سيتناول الفصل هذا ، نماذج التربة الأساسية ، بنيتها ، المقاومات ذات الخصوصية ، والتشوُّهات التي تتعرّض لها التربة . كما سيغطي الفصل ، الإجهادات المتولِّدة ضمن التربة وطرق حساب هبوطات التربة .

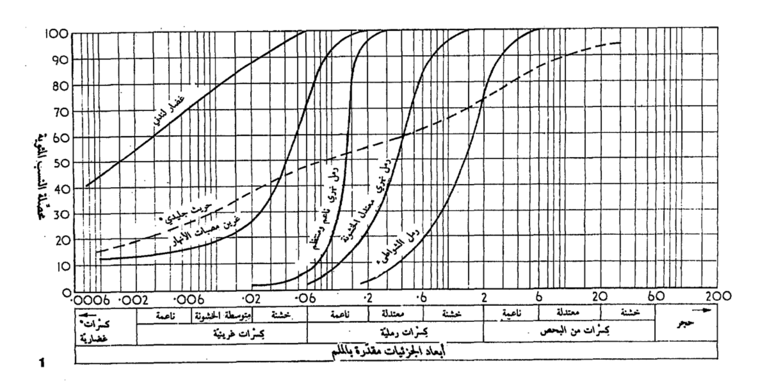
ـ 1 . 1 مدخل لفهم سلوكية التربة إزاء المتغيرات الخارجية :

ـ 1.1.0.01 : تشكّل المنشأة مع أساساتها ، والتربة الداعمة لها ، كلاًّ مترابطاً ، إذ تتفاعل الأجزاء مع بعضها البعض ، وفق أنسقة وطرق معقّدة . تتشوّه الأجزاء تلك جميعاً تحت وطأة الإجهادات ، بينما يمكن أن تسبّب الظروف المتغيّرة حركات اخرى . لهذا وللوصول الى تصميم جيِّد للأساسات ، لا بدّ من التزوُّد بمعلومات دقيقة ، والإلمام بالكيفية التي تتم بموجبها استجابة التربة للظروف المحيطة بها والمعرّضة لها .

ـ 1.1.0.02 : إن المعالجة الكاملة والمستفيضة لسلوكية التربة ، تبقى خارج نطاق الهدف من العرض المبسّط هذا . إلاَّ أننا سنتناول بشكل موجز ، الخصائص الهندسية لأنواع متعددة من التربة ، كما سنناقش سلوكية التربة الفعلية ، ضمن النطاق العملي ، في الفصل الثاني إن شاء الله . سنتناول في هذا الفصل ، تأثيرات أبعاد جزيئات التربة ومحتواها من المياه ، على خصائص التربة الأساسية كالمقاومة وقابلية التشوُّه ، وكذلك تأثيراتها على حركة التربة .

ـ 1.1.0.03 : تتألف التربة من ركام من الجزيئات الصلدة ، وتملأ الفجوات ما بين الجزيئات عادة بالماء أو الهواء . يمكن أن تتألف التربة من مواد رسوبية ، تمّ ترسُّبها طبيعياً أو صنعياً على شكل ردميات تمّت بفعل بشري ، مما يجعلها تبدو نسبياً أكثر نعومة ورخاوة ، وأقلَّ تماسكاً . يتميز الصخر بصلابته ، بقساوته ، وبأنه مكوّن من مواد شديدة التلاحم .

ـ 1.1.0.04 : تصنّف كافة أنواع التربة ، ما عدا الصخرية الصلدة منها ، وفقاً لأبعاد جزيئاتها ، وابتداء من الأبعاد الضخمة وحتى البسيطة . إذ تصنّف التربة الى حجرية (جلمود[1] وحصى كبير) ، حصوية ، رملية ، غرينية[2] وصلصالية[3] ، كما هو موضّح على المخطط البياني (1 ـ 1) . يمكن أن تدرج التربة الحصوية ، الرملية ، والغرينية ، ضمن تصنيف يستند لاعتبارات اخرى ، لتسمّى وفقه على التوالي : بالتربة الخشنة ، متوسطة الخشونة ، وناعمة . تتألف التربة العضوية عادة؛ من نسج نباتية نصف متفحة، ومن جزيئات ناعمة متوضعة على شكل بنية ليفية . أما التربة الصنعية ، أو الردميات (ركام



* : كِسْرة: هو الجزء من العينة الواقع بين مقاسين منصوص عليهما للدقائق.

* : حريث جليدي: كَشْح غير مفرز وغير طباقي أو طين قاس يتكون من خليط غير متجانس من الصلصال والرمل والجزول والجلاميد، اضافة الى الحصى والحجارة المتخلفة عن نهر جليدي.

الشكل (٦ ـ ٦) : يظهر الشكل المنحنيات النموذجية ، الممثّلة لتوزُّع أبعاد جزئيات التربة .

اصطناعي) ، فهي تربة يمكن ان تحوي أيّاً من أنواع المواد المدرجة ضمن التصنيف العام ، وأيّاً من المواد المنتجة بشرياً . تتألف الردميات أو الرواسب الطبيعية من مزيج لنوعين أو أكثر من تلك ، المدرجة ضمن التصنيف العام ، المحدِّد لأنواع التربة .

ــ 1.1.0.05 : تعتمد طريقة تعيين الخصائص الهندسية للتربة ، في حال لم تكن جزيئاتها جيدة التلاحم ، على معرفتنا لأبعاد جزيئاتها المكوِّنة ، محتواها من المياه ، الأسلوب الذي تم بموجبه ترسُّب المكوِّنات ، تاريخها الجيولوجي ، وعلى نطاق محدد ، على معرفتنا للبنية الكيميائية لجزيئاتها المستقلة ، وعلى معرفتنا لنوع اللواصق التي تربط فيما بينها . بشكل مشابه ، نجد ان تصرُّف كتلة حجمية من الأرض ، تحوي على أنواع متعددة من التربة ، وتعمل بمفردها على دعم جملة تأسيسية ، لا يعتمد فقط على خصائص طبقات التربة ، بل أيضاً على العلاقات المتبادلة فيما بينها ، والمؤدية أحياناً الى ظهور معالم جيولوجية نوعية جديدة ، وعلى أي تأثيرات خارجية محتملة اخرى .

ـ 1 . 2 معالم وبنية التربة النظامية :

ـ 1.2.0.01 : تمتلك التربة المتراوحة في تصنيفها العام ما بين تربة ذات بحص خشن وتربة صلصالية ، فجوات متنوعة الأبعاد ، تفصل ما بين جزيئاتها . تلعب طبيعة الفجوات (والتي تلعب أبعادها ، شكلها ، تصنيفها ودرجة تراص جزيئاتها دوراً في تحديد طبيعتها) ، دوراً كبيراً في تحديد كمية المياه المحتجزة ، وفي تحديد مقاومة التربة ، وسلوكية حركتها .

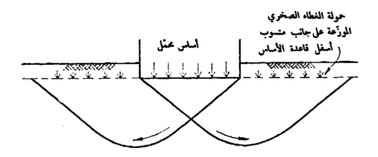
ـ 1.2.0.02 : تسمح حبيبات التربة الأكثر خشونة ، بنفوذ كمية اكبر من المياه ، وما لم تُشْبَع تلك التربة بالمياه ، نتيجة لظروف معينة تحيط بالموقع ، فإن كميات قليلة جداً من المياه ، هي التي تبقى ضمن فجواتها . يلعب وزن الحبيبات وقوى الاحتكاك ما بين جزيئات التربة ، دوراً في جمع حبيبات التربة معاً وتأمين تماسكها النسبي . تتحكم درجة إحكام تراص التربة أو كثافتها النسبية بمقاومة التربة . يمكن ان تحدث حركات ، تقوم بها وبشكل سريع جزيئات التربة ، إن تعرّضت التربة مثلاً ، لفعل قوى خارجية .

ـ 1.2.0.03 : تعدُّ شتّى أنواع التربة الصلصاليّة ذات الفجوات ضئيلة الأبعاد ، واحدة من أنواع التربة غير النفوذة نسبياً ، والتي تنزع إلىٰ احتجاز الماء . تحتجز التربة الصلصالية الماء ، إلىٰ أن تصل إلىٰ التشبُّع التام ، مما يؤدي إلىٰ تماسك وتلاصق جزيئاتها المكوِّنة وترابطها معاً ، وتولُّد غشاء مائي يفصل ما بين الجزيئات . يعتمد تحديد مقدار مقاومة التربة الصلصاليّة بشكل كبير ، علىٰ سماكة غشاء الماء هذا ، إذ تضعف مقاومة التربة الصلصاليّة ، كلّما كان الغشاء المائي أكثر سماكة . تحدث أيُّ حركة تقوم بها الجزيئات المكوِّنة نتيجة تغيُّر في حجم الفجوات ؛ بشكل بطيء جداً ، وذلك يعود إلىٰ أنّ نزوح الماء من خلال الفجوات ، يتم عادة ببطء شديد وعلىٰ فترات . إلّا أنّ لسلوكيّة كتلة الصلصال تأثير متعاظم ، إذ يؤثِّر حدوث صدع في الكتلة ، أو ظهور معالم أخرى ؛ في درجة تصريف التربة للمياه ، ويسبِّب اختلالاً في خصائص المقاومة . إنّ طبيعة وسلوك التربة الغرينيّة ، تختلف عن طبيعة وسلوك التربة الصلصاليّة ، إذ لا نلاحظ علىٰ التربة الغرينيّة ، هذا التأثير المفرط لطبيعتها علىٰ نمط سلوكها .

ـ 3 . 1 : التصور العام لمقاومة وتشوهات التربة :

ـ 1 . 3 . 1 : المقاومة :

ـ 1.3.1.01 : تحدِّد مقادير مقاومة التربة لإجهادات القص ، مدىٰ نجاح التربة علىٰ تحمُّل الحمولات المفروضة دون إخفاق . إذ أنّ إخفاق التربة ، هو إشارة إلىٰ ظاهرة حدوث سلسلة من الحركات العشوائيّة ضمن بنية التربة . يمكن أن تحدث أيضاً ، حركات محدّدة ضخمة جداً ، بحيث يصعب من الناحية العمليّة قبولها ، إلّا أنّها لا تعدُّ من الناحية التشريعيّة إخفاقاً . يوضِّح الشكل (2 ـ 1) ، الصيغة النموذجية لإخفاق تربة تقع أسفل كتلة تأسيسيّة محمّلة . يحدث التدفُّق اللّدن ، عند تجاوز الإجهادات المتولِّدة ضمن التربة ، المقدار المحدِّد لمقاومة التربة لإجهادات القص . يمكننا استخدام أسلوب التحليل النظري ، لصياغة المعادلات اللّازمة لمعرفة الطاقة التحميليّة القصوىٰ لجمل تأسيسيّة ، وذلك وفقاً لأبعادها ، لمقدار بعدها عن سطح الأرض ، وتبعاً لخصائص التربة المستندة



الشكل (2 ـ 1) : يظهر الشكل إخفاقاً للتربة الواقعة تحت أساس ضحل ، نتيجة تعرُّضها لقوى قص ، تفوق قدرتها على التحمُّل . في الأساسات العميقة ، تتزايد مقاومة التربة لقوى القص ، خصوصاً في حال كان ارتفاع التربة ، يزيد عن ارتفاع قاعدة الأساس ، وتتحوّل إلى مقاومة ذات شأن .

عليها . لقد قادت الخبرة العمليّة والتجارب المخبريّة مؤخراً ، إلىٰ تطوير وتحسين صيغ المعادلات هذه . يمكن أن تزداد بشكل فعلي ، الطاقة التحميليّة للجملة التأسيسيّة العميقة ، نتيجة احتكاك أطرافها بحواف التربة . كما يمكن أن يرفع الإحتكاك هذا ، من درجة التحام الأساس بالتربة المتماسكة .

ــ 1.3.1.02 : يمكن لتجارب التحميل والتجارب الأخرى التي تجري علىٰ أرض الموقع (خصوصاً تلك العائدة للأوتاد وفي الطبقة المزوجة) ، أن تُكْمِل أو تحلّ محلّ الحسابات النظريّة . إنّ أكثر العوامل تحكُّماً بقيمة مقاومات التربة النظاميّة لإجهادات القص ، هي زاوية الإحتكاك الداخليّة[4] ، والتي يرمز لها عادة بـ (Ø) ، والتي تعتمد بدورها بشكل كبير علىٰ درجة تراص جزيئات التربة الخشنة ، وعلىٰ مدىٰ التصاق الحبيبات مع بعضها البعض . يرمز لمقاومة التماسك لوحدة المساحة المعرّضة لإجهاد القص بالرمز(C) . تُهْمَل قيمة مقاومة التماسك لمعظم حبيبات التربة الخشنة غير المتلاصقة ، لذا نفترض أنّ سلوكيّة التربة الغضاريّة ، هي مطابقة للتربة ذات الحبيبات الخشنة ، إن كانت زاوية احتكاكها مساوية للصفر . تندرج التربة التي تمتلك كلا الخاصتين ، كالتربة الغرينيّة مثلاً ، تحت تصنيف التربة المتوسِّطة ، حيث يكون لكلا الرمزين (Ø,C) قيماً محدّدة . ترتبط الخاصتين هاتين بالعلاقة التالية :

المعادلة (1) $S= C+ q_e \, Tan \, \emptyset$

حيث :S=تساوي قيمة مقاومة التربة لإجهادات القص .

q_e= تساوي قيمة الضغط النظامي الفعّال المار عبر مستوى القص .

يمكن لإجهاد التربة المحايد ، تخفيف قيمة (q_e) ، انظر الفقرة (1.4.1.01) . إنّ للعلاقة آنفة الذكر ، أهمية قصوى في قياس خصائص التربة ، وهذا ما سنلمسه ونزيده تفصيلاً في الفصل الثاني إن شاء الله . لكن حتى وفي حال كانت التربة قادرة على تحمُّل حمولة معطاة دون إخفاق ، فإنّ لحركتها اللاحقة ، أهمّية في هندسة الأساسات ، لما لها من تأثير على أيٍّ منشأة حاملة .

ـ 2 . 3 . 1 : التشوهات .

ـ 1.3.2.01 : تتشوّه كافّة أنواع التربة ، تحت وطأة حمولة مطبقّة ، أو بسبب عوامل أخرى ؛ يمكن لها إحداث تغيُّر ما في محتوى الفجوة . يمكن أن يحدث أيضاً ، تدفُّق شامل لجزيئات التربة ، لذا يمكن إدراج الأنواع المختلفة لتشوُّهات التربة ، ضمن التصنيف التالي :

آ ـ **التشوُّه المرن** : يعدُّ التشوُّه هذا ، استجابة سريعة لتغيُّرات قيم الإجهاد . يتمثّل التشوُّه هذا ، بتشوّه يصيب بنية التربة ، حيث تنزع التربة إلى التضخُّم ، باتجاه عمودي على اتّجاه الضغط المطبق . عندما يقل الضغط ، تتحرّك التربة في الإتجاه المضاد .

ب ـ **التشوُّه اللّدن** : يعدُّ التشوُّه هذا أيضاً ، استجابة سريعة لتغيُّرات قيم الإجهاد ، ويتمّثل بتدفُّق جزيئات التربة أو بإعادة توجيهها وفقاً لإتجاهات الإجهادات المتولِّدة . لا يمكن في حال حدوث تشوُّه لدن ، تخفيف قيمة التشوُّه الحاصل ، وإن أزيلت القوى المولِّدة للإجهادات .

حـ ـ **التشوُّه الضاغط** : يشير الإصطلاح هذا ، إلى سلوكية التربة حين تعرُّضها لقوى ضاغطة ، كأن تتعرّض التربة لتأثيرات تؤدي إلى تقلُّص حجم الفجوات المحصورة ما بين جزيئات التربة ، والتي تستلزم كنتيجة ، طرد الهواء أو الماء المحصور ضمن الفجوات . يطرد الهواء بسرعة ، مما يدعو إلى تحرُّك التربة ، فور تطبيق القوى الضاغطة(*) . إلاّ أن حركة طرد المياه ، كما في التربة

الصلصاليّة «الغضارية» ؛ تتم ببطء شديد ، ويمكن لها أن تستمر لعدة سنين ، قبل أن تُسْتَكمل بشكل تام ، استجابة لتأثير حمولة معطاة . يدعى انضغاط التربة الناشيء عن وزنها الذاتي ، أوعن حمولة مطبّقة منقولة عن منشأة أوعن وزن الردميات الإضافيّة ، بتماسك التربة[5] ؛ بينما يدعى الإنضغاط الناشيء عن تعرُّض التربة لتأثيرات القوى الصادرة عن وسائل آليّة بتراص التربة[5] ، وهي تتعلّق عادة فقط بظاهرة طرد الهواء . إنّ الحركة التي تفضي إلى تخفيض كميّة الهواء داخل الفجوات ، هي حركة غير عكوسة ، ولا يمكن تجنّب تأثيراتها ، حتى ولو أزيلت الحمولة . إلّا أنّ الماء يمكن له العودة إلى مسام حبيبات التربة الناعمة ، عند انخفاض قيمة الضغط المطبّق . يؤدِّي تدني الضغط المؤثِّر على التربة عن الحدِّ المعياري ، كأن يزال عنها مثلاً الغطاء الصخري[7] بالحفر ، إلى انتفاخ التربة ، وإلى زيادة حجمها عن الحدِّ المعياري .

ـ 3 . 3 . 1 : الهبوط :

ـ 1.3.3.01 : الهبوط هو حركة التربة نحو الأسفل ، نتيجة تعرُّضها لحمولة ما ، نتيجة لظاهرة التماسك الطبيعي ، أو نتيجة لإنخفاض محتوى رطوبة التربة . كما يمكن أن يحدث الهبوط ، نتيجة تدفُّق التربة ، بعيداً عن الموقع المتواجدة فيه أصلاً . تدعى حركة حبيبات التربة الناعمة المتجهة نحو الأعلى ، والتي سببها تدني الضغط المطبّق أو تدفُّق الرطوبة لأيِّ سبب كان ؛ بانتفاخ أو جيشان التربة ، وإن كانت العبارة الأخيرة ، هي الأكثر ضبطاً ، إن كان المقصود الدلالة على حركة باتِّجاه الأعلى ، ناشئة عن تدفُّق التربة نحو نقطة ما . يمكن أيضاً حدوث انتفاخ أو جيشان لتربة معيّنة ، حينما تتعرض تلك التربة ، لتمدُّد يصيب محتواها المائي استجابة للظروف الداعية إلى تجمُّد المياه داخل التربة . يمكن أن يتقلّص حجم التربة ، بسبب ظروف مناخيّة تدعوا إلى انتزاع المياه عنها ، وهو ما يدعي بانكماش التربة .

---

* : تستغرق عمليا عملية الوصول بكتلة التربة ذات الحبيبات الخشنة؛ الى درجة التماسك التام؛ فترة زمنية ممتدة؛ وذلك نتيجة تأثيرات انزلاق التربة وتفسخ أو تشوه الأجزاء المكونة، وبسبب التأثيرات الخارجية كالاهتزاز؛ خصوصا ان كانت الفجوات ضخمة.

ـ 4 . 1 :أساليب حساب اجهادات التربة والهبوطات الناشئة عن الحمولة :

ـ 1.4.0.01 : تحدث الهبوطات المحدودة ذات الشأن ، بما فيها الهبوطات السالبة أو جيشان التربة ، بسبب تغيرُّات في حمولة التربة . غالباً ما تهمل الحركات الأفقيّة الناشئة عن الحمولة . أما حركات التربة الأخرى ، فهي حركات يصعب حسابها ، ونعتمد على الخبرة بالدرجة الأولى لتقدير قيمها . لا بدّ في البداية ، وقبل التعامل مع طرق حساب هبوطات التربة ، من التعرُّف على بعض الأفكار الرئيسيّة ، التي لها تطبقات واسعة في النظريات الخاصة بهندسة التربة .

ـ ١ . 4 . ١ : تأثيرات الإجهاد المحايد:

ـ 1.4.1.01 : بشكل عام ، إن شكلّ الماء المتواجد ضمن الفجوات أو مسام التربة ، وسطاً متّصلاً ، فإنّ الماء بهذه الحالة ، باستطاعته تحمُّل وزنه الذاتي ، وأيٍّ حمولات منقولة إليه بشكل مباشر ، وبالتالي يمكن لضغط الحبيبات الداخليّة ، أو للضغط الفعّال الواقع ما بين جزيئات التربة(*) ، تحمُّل كافة الحمولات الأخرى . لهذا فإنّه في حال كان الإجهاد المحايد عند نقطة معطاة تساوي (U) ، وكان ضغط التربة الفعّال مساوياً لـ(q_e) ، كان :

المعادلة الثانية $$q_e = q - U$$

حيث «q» : هو مقدار الضغط الكلي الناشيء عن كافّة الحمولات الواقعة فوق النقطة المعطاة (بما فيها وزن الماء) . يدخل مقدار الضغط (q_e) في حساب مقاومة التربة الفعليّة لقوى القص الإحتكاكيّة (انظر الفقرة 1.3.1.02) ؛ وفي حساب مقدار هبوط التربة . يمثِّل الضغط هذا ، متوسِّط الضغط الواقع على مساحة من تربة ما ، بعد اقتطاع قيمة الضغط السكوني ـ السائلي[8] الواقع ما بين جزيئات التربة .

---

* : باستثناء ظروف شاذة محددة، كالتي لا نستطيع فيها تطبيق المعادلة (3)؛ نتيجة التغيرات الضخمة في درجة نفوذية التربة، أو بسبب حركة المياه.

ـ 1.4.1.02 : لكي يتم حساب المقدار (U) ، لا بدّ من معرفة منسوب النطاق المائي . تكون ظروف وحالات المياه الجوفيّة ، أكثر أو أقل استقراراً ، تبعاً لقدرة التربة على مقاومة تسرُّب المياه السطحيّة المتواجدة في الأعلى بشكل عرضي أو مؤقّت . يمكن أثناء سبر الموقع ، معرفة منسوب النطاق المائي ، والذي يتمثّل بمنسوب المياه الحرّة الراكدة . لا تظهر في التربة الغضاريّة مياه حرّة ، متجمّعة ضمن حفر السبر الترابي ، ما لم نواجه صدوعاً أو طبقة نفوذة ، إلاّ أنّ الإجهاد المحايد يبقى موجوداً ، ويمكن قياسه . تحتاج المياه عند اختراق التربة ، إلى بعض الوقت لكي ترتفع إلى منسوب التوازن . إذا كان المقدار«Y_w» : يمثّل كثافة المياه ، و(h_w) : يمثّل مقدار عمق نقطة معطاة ، واقعة تحت منسوب النطاق المائي ، كان المقدار :

المعادلة الثالثة

$$U= Y_w \cdot h_w$$

وذلك تحت اعتبارات ظروف مستقرّة نسبياً .

يمكن أن يأخذ المقدار(U) قيماً سالبة ، إذا وقعت النقطة فوق منسوب النطاق المائي ، وذلك يتم إذا احْتُجِزَت الرطوبة بسبب ظاهرة الفعل الشعري[9] ؛ ضمن مسامات حبيبات التربة الناعمة غير المشبعة . لا تساهم المياه المُحْتَجزة ، في تقليص الضغط الفعّال ، إلاّ أنّ وزنها يدخل في حساب قيمة الضغط الكلي «q» .

ـ 1.4.1.03 : تسبِّب عادة الحمولة المطبقة على تربة مشبعة ، ارتفاعاً مؤقتاً في ضغط المياه ، داخل مسام التربة ، ولا يعود هذا الضغط إلى القيمة المتوازنة المنصوص عنها في المعادلة الثالثة ؛ إلى أن تستكمل عمليّة التماسك . تستغرق عمليّة استكمال تماسك التربة الغضاريّة ، وقتاً ليس باليسير .

ـ 1.4.1.04 : في حال كانت كامل المنشأة أو أجزاء منها تحت منسوب النطاق المائي ، أو كانت كامل الجملة التأسيسيّة أو أجزاء منها تحت منسوب النطاق المائي ، فإنّ وزنها الفعّال على التربة الحاملة ، لا يبقى على ما هو عليه حقيقة ، إذ ينخفض بفعل النهوض الهيدروستاتي أو ما يدعى بالطفويّة[10] ، والذي يعادل في النهاية وزن الماء المزاح ، (برغم ذلك ينبغي إدخال وزن أيٍّ ماء محمول على المنشأة ضمن حساب الحمولة الكليّة) . وبالطبع يُحْمَل وزن التربة الكلي ، وزن الماء، ووزن المنشأة في آخر المطاف ؛ على طبقة كتيمة تقع على عمق ما .

ـ 1.4.1.05 : في حال كانت التربة مغمورة في المياه ، فإنّ الحمولة المنقولة منها إلى الطبقة السفليّة للتربة ، ستساوي بشكل مماثل وزنها الكلي ، مطروحاً منه وزن الماء المزاح . تعطي العلاقة التالية ، قيمة ضغط التربة الفعّال ، عند نقطة عمقها (h) ، متولّد عن وزن وحمولة الغطاء الصخري :

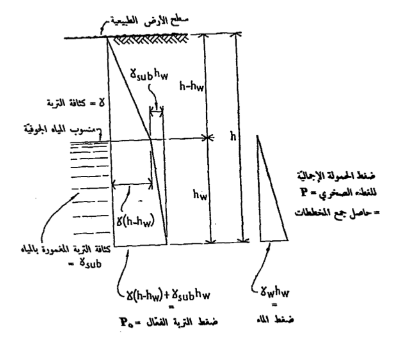
المعادلة الرابعة $P_o = \gamma(h - h_w) + \gamma_{sub} \cdot h_w$

وذلك بافتراض أنّ :

المعادلة الخامسة $Y_{sub} = Y_{sat} - Y_w$

حيث :

(Y) : تساوي الكثافة الحجميّة للتربة الواقعة فوق منسوب النطاق المائي (أي بمعنى أنّها تساوي الكثافة الجافّة مضافاً إليها وزن أيٍّ رطوبة متواجدة ضمن وحدة الحجم) .



الشكل (3 ـ 1) : يظهر الشكل تأثير المياه الجوفيّة ، على الضغط المتولّد عن حمولة الغطاء الصخري .

(γ_{sat}) : تساوي كثافة التربة المشبعة تماماً والواقعة تحت منسوب النطاق المائي .

γ_{sub} : تساوي كثافة التربة المغمورة ذاتها (أي بمعنى أنها تساوي الكثافة الفعالة للتربة السفلية عند تلقي الحمولة التقديرية) .

γ_w : تساوي كثافة المياه .

h : تساوي بُعْد النقطة المعنية عن منسوب النطاق المائي ، انظر الشكل (3 ـ 1) .

يستخدم في الحساب ، المقادير الممثِّلة لمتوسِّط الكثافات ، إن اتّصفت التربة بتباين أعماقها .

ــ 1.4.1.06 : بسبب صِغَر الحمولة المطبقة على بنية التربة التحتية ، فإن التضاؤل الحاصل في الضغط الفعال بسبب وجود المياه ضمن المسامات ، لا يسبب فقط انخفاضاً في مقاومة التربة ، بل يؤثر سلباً ايضاً على استقرار التربة ، ويجعلها أكثر نزوعاً الى الهبوط . يمكن ان يؤدي أي انخفاض في منسوب المياه الجوفية ، الى هبوطات ضخمة ناشئة عن الزيادة الطارئة في الحمولة الفعالة ، ويمكن لهذا الأمر أن يتفاقم سوءاً ، إن ترافق ذلك ايضاً بضياع طفوية أجزاء من منشأة المبنى . وبالعكس ، يتطلب أي ارتفاع يصيب منسوب المياه الجوفية ، التحقق فيما إذا كان ارتفاع المنسوب هذا ، لن يرافقه زيادة في الطفوية ، تزيد عن الحد الذي تبدأ فيه المنشأة بالتحول الى منشأة عائمة .

ــ 1.4.1.07 : يمكننا الآن تحديد وتعريف الضغط الناشيء عن الغطاء الصخري . إن الضغط الكلي الناشيء عن الغطاء الصخري «P» ، هو الضغط الكلي الواقع على أي نقطة متواجدة في مستو أفقي . يساوي الضغط الكلي هذا : وزن طبقة التربة التي تعلو النقطة هذه ، مضافاً اليها وزن الماء المتواجد ضمن مساماتها ، ووزن أية اشغالات أو حمولة أية أعمال يمكن لها أن تُسْتَبقى على التربة ، قبل البدء في تنفيذ المبنى . تمثل قيمة الضغط الفعال للغطاء الصخري «P_o» ، الضغط الواقع ما بين حبيبات التربة ، والمتوافقة مع قيمة الضغط الكلي للغطاء الصخري «P» . وبذلك يمكننا كتابة العلاقة التالية :

المعادلة السادسة $$P_o = P - U = P - \gamma_w . h_w$$

في الحالة النموذجية ، يمكن حساب «P_o» من المعادلة الرابعة ، والتحقق

من النتيجة بتطبيق المعادلة السادسة . يمكن إهمال قيمة الحد «$Y_w.h_w$» ، عند النقاط الواقعة فوق منسوب المياه الجوفية .

ـ 1.4.1.08 : يمكننا الآن استخدام ضغط التربة الكلي «q» ، إذا أخذنا بعين الاعتبار ، أن قيمة الضغط في أي نقطة من نقاط المستوي تساوي «q_e» . ستمثل قيمة الضغط الكلية الآن ، قيمة الضغط الإجمالي ، الواقع على المستوي الأفقي ، عند أي نقطة ، والناشيء ليس فقط عن ضغط الغطاء الصخري «P» ، بل أيضاً عن حمولة منشأة المبنى بالكامل ، وعن أي تغير يطرأ عليها ، نتيجة ممارسة بعض الأعمال ، كأعمال الحفر ، الردم ، أو نتيجة تبدل حجم ووزن المياه داخل مسامات التربة . أصبح من الواضح الآن ، ان الضغط الفعال الكلي المطابق «q_e» يساوي :

المعادلة السابعة $$q_e=q-Y_w.\bar{h}_w$$

حيث «h_w» ، هو بعد النقطة المعنية ، عن المنسوب النهائي للمياه الجوفية .

ـ 1.4.1.09 : وكنتيجة طبيعية ، تعطى قيمة الزيادة في الضغط الكلي «q_n» «الضغط الصافي» ، الناشئة عن أعمال تنفيذ المبنى ، من العلاقة التالية :

المعادلة الثامنة $$q_n=q-p$$

وتكون الزيادة المطابقة في الضغط الفعال «الضغط الفعال الصافي q_{ne}» تساوي :

المعادلة التاسعة $$q_{ne}=q_e-p_o$$

وذلك من المعادلتين السادسة والسابعة . $=q-p-y_w\,(\bar{h}_w-h_w)$

وذلك لإبراز تأثير التغيرات التي تصيب منسوب المياه الجوفية . يمكن تطبيق المعادلة الثامنة والتي تنص على أن : $q_n=q-p$ ؛ فقط في حال لم يطرأ على منسوب المياه الجوفية ، أية تغيرات .

ـ 1.4.2: نمط توزع وانتشار الإجهاد الأرضي:

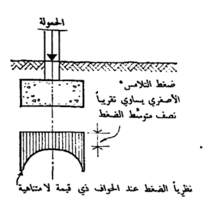
ـ 1.4.2.01 : عند تطبيق حمولة ما ، تنشأ مجموعة متنوعة من الإجهادات داخل كتلة التربة . تتناقص مقادير الإجهادات هذه ، كلّما ابتعدنا عن نقطة تطبيق الحمولة . تكتسب الملاحظة السابقة أهميتها ، من كونها معياراً لمعرفة

مدى تأثير الإجهاد المتولد ، على مقدرة التربة على تلقي آمن لحمولة معطاة . تعدُّ الحسابات المجراة لمعرفة قيمة الإجهاد ، بمثابة الإجراء الأولي الذي يمكن من خلاله تحديد الهبوطات المحتملة ، الناتجة عن الحمولة المطبقة .

ــ 1.4.2.02 : عند حساب الإجهادات المتولدة عن حمولة مطبقة ، نبدأ عادة بتقدير ضغوط التلامس ما بين الأساسات ، والتربة الحاملة لها مباشرة . هذا ، ونتيجة لأن الأرض المستقرة ، غالباً ما تكون متوازنة في الحالة الطبيعية ، فإن الإجهادات المتواجدة قبل بدء التنفيذ إجمالاً ، ليست بذات بال . أما ضغوط التلامس (يعين مقدار الضغط الصافي من المعادلة الثامنة*) ، وكذلك التغيرات التي تطرأ على الإجهادات أثناء وبعد عملية الإنشاء ، فلها أهمية قصوى . يكتسب التغير الذي يطرأ على الضغط الفعال أهمية (المعادلة التاسعة)؛ فقط إذا تبدل منسوب المياه الجوفية ، حيث يدخل الحد $[Y_w(\check{h}_w-h_w)]$ بعين الاعتبار ، وتتحول الحمولة الى حمولة منتظمة . تعتمد طرق حساب الأوتاد ، وطرق حساب بعض الأساسات الاخرى ، على حساب الحمولة الصافية الإجمالية المطابقة لـ «q_n» ، مُؤْثرين ذلك على حساب إجهادات التلامس .

ــ 1.4.2.03 : إلا أن هناك بعض الصعوبات ، لا تلبث ان تطفو على السطح . أولاها أن ضغط التلامس الواقع تحت الأساس ، قلّما ينتظم . كما أن الاجهادات المتولدة ضمن كتلة تربة محملة بحمولة موزّعة بانتظام ، هي اجهادات أضخم في الوسط ، منها عند الحواف ، ولهذا يتميز المظهر الجانبي لمخطط الهبوط ، بشكل يشابه شكل الصحن . ذلك يعني انه حتى في حال كانت الحمولة المطبقة موزعة بانتظام فوق الأساس ، فإنَّ قاعدة الأساس ستحفر لنفسها خندقاً عند حافتيها ، ما لم يكن الأساس بكامله مرناً . كما أن الضغط الطرفي ، هو أكبر من الضغط المتجه باتجاه وسط القاعدة ، انظر الشكل (4 ـ 1) ، باستثناء الأساسات الواقعة بالقرب من سطح تربة غير متماسكة . نعتمد في الوصول الى الحل النهائي على معرفتنا لقيمة الحمولة ، وللصلابة النسبية للأساس والتربة .

* : تدخل أيضا حسابات استكمال عملية التماسك طويلة الأجل؛ وحساب المقاومة الاحتكاكية؛ ضمن اعتبارات حساب الضغوط الفعالة الاجمالية.



الشكل (4 ـ 6) : يظهر الشكل توزُّع الضغط تحت قاعدة مربّعة الشكل ، مرتكزة على تربة مثاليّة المرونة .

* : ضغط التلامس: كمية الضغط التي تبقي مجموعة التلامسات متلاصقة.

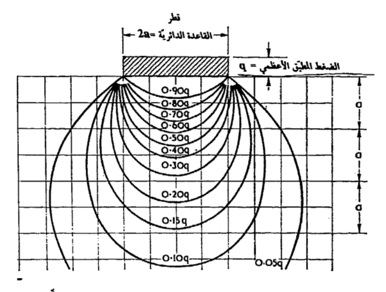
ـ 1.4.2.04 : إذا كان بالإمكان تحديد مقدار القساوة الإنشائية لمبنى ما ، كان بالإمكان تبني اعتبارات مشابهة ، يمكن تطبيقها على توزيع ردود فعل التربة الواقعة الى الأسفل منها ، وإن لم تكن مطبقة على أساس مفرد كالحصيرة[11] مثلاً . وبالمقابل ، ما لم تدخل اجراءات تحليل الأجزاء العلوية من المنشأة ضمن اعتبارات حساب هبوط الأساسات المستقلة ، فإن الحمولات لا يمكن تقديرها بالطريقة السابقة .

ـ 1.4.2.05 : يمكن لهذه العوامل ، تعقيد طرق حساب الحصائر ومنشآت الأبنية المحددة ، وستراعى عند مناقشة أساليب وطرق حساب الأساسات المركبة بواسطة الحاسوب . ومع ذلك ، تبقى تلك الحسابات كافية الدقة ، إن أجريت بهدف تحديد قيم الحمولات الواقعة على أساسات بسيطة ، وذلك بافتراض التوزُّع المنتظم للضغوط المطبقة فوق مساحات التلامس الفردية .

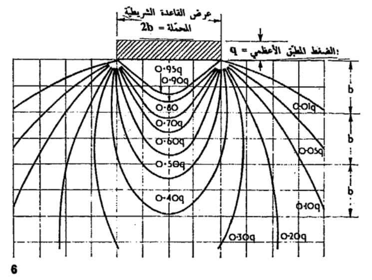
ـ 1.4.2.06 : إن المشكلة تكمن ، في إيجاد طريقة لتبسيط حساب الإجهادات الحقيقية ، عند نقاط مختلفة من سطح الأرض ، منتشرة فوق مساحات متعددة الخصائص ، وعلى مناسيب متفاوتة . تتغير الإجهادات باستمرار من نقطة الى اخرى ، حيث تتأثر قيمها بالخصائص النوعية لكل طبقة من طبقات التربة ، إلا في حال كان الضغط منتظماً فوق مساحة تمتد الى ما وراء النقاط ، التي نحن معنيون بتحديد قيم الإجهادات المتولدة ضمنها .

ـ 1.4.2.07 : إن الإجهاد والانفعال على سطح تربة ، هما مسألتان يتولى النظر فيهما عادة مهندس اختصاصي . إلا أنه في الحالات الصريحة ذات المعالم الواضحة ، حيث الأرض منتظمة بشكل مقبول ، تشير التجربة على إمكانية تبني شكل توزيع الإجهادات ، المستقى من نتائج معاملة التربة ، وكأنها جسم منتظم تام المرونة . تسمى الصيغة التي يتم بموجبها توزُّع الإجهادات بمعادلة بوسينسك[12] ، حيث نفترض ان الحمولة مطبقة على السطح ، وأن التربة تمتد الى عمق لا نهاية له . تصلح تلك المعادلة لحساب معظم الحالات المشابهة ، إلا أن هناك من طوّر تلك الصيغة ، لتصلح حتى للحمولات المطبقة تحت سطح الأرض ، ولتنسجم مع تربة ، يُفْترض ان لها مميزات وخصائص اخرى . تصلح نظرية بوسينسك لدراسة سلوك تربة صلصالية «غضارية» ، أما في حال كانت التربة رملية ومبحصة ، فإن التوزع الجانبي للحمولة المركزة ، يبقى أقل مما هو عليه في الحالة الاعتيادية . يمكن ان نجد صيغ وجداول لحساب توزيع الإجهاد حسب نظرية بوسينسك ، والناتجة عن حمولات مركزة وأخرى موزعة بانتظام ذات أشكال مختلفة ، في كتب متخصصة ككتاب «Tom.Linson» . تعالج الكتب هذه في المقام الأول ، توزع الإجهادات الشاقولية ، وإن لم تغفل عن توزُّع الإجهادات الأفقية وإجهادات القص .

ـ 1.4.2.08 : يوضِّح الشكل (5 ـ 1) ، شكل توزع الإجهادات الشاقولية الواقعة تحت مساحات دائرية لدنة محملة بحمولة موزعة بانتظام ، بينما يوضح الشكل (6 ـ 1) ، شكل توزُّع الإجهادات الشاقولية الواقعة تحت شرائح مستمرة مرتكزة على سطح الأرض الطبيعية ، ومعرّضة لحمولة موزعة بانتظام . تحرص الأساسات الصلبة على نشر الحمولة بعيداً عن جانبي الأساس . تنشأ عن الأساسات الشرائحية ، المستندة على قواعد متّصلة ، إجهادات أكبر عند عمق ما معطى ، من تلك التي تنشأ عن أساسات مستندة على قواعد منفصلة . ولكن إذا لم تكن الأساسات المفردة ، بعيدة بمسافات كافية عن بعضها البعض ، فلا يمكن معالجتها كلٌّ على حدة ، إذ أن الإجهادات الناشئة عنها ، يمكن أن تتداخل تداخلاً ذي مغزى . تكبر المسافة الحرجة (المتمثلة بعرض الأساس الأصغري) ، إن كان الأساس مستمراً ، بينما تصغر عندما يكون الأساس مفرداً .

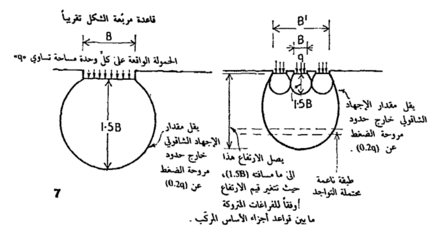


الشكل (5 ـ ٦) : يظهر الشكل بصلات أو مروحيات الضغط ، المتشكلّة تحت قاعدة محمّلة دائريّة الشكل .



الشكل (6 ـ ٦) : يظهر الشكل بصلات أو مروحيات الضغط ، المتشكّلة تحت حمولات شريطيّة .

ـ 1.4.2.09 : تهمل الزيادة في إجهادات التربة ، إن كانت أقل من (20٪) من تلك المتولدة ضمن التربة الواقعة مباشرة أسفل الأساسات ، ولا تدخل عادة ضمن حساب عمق التربة ، المعتمدة في إجراءات الحساب . يمكننا باستخدام نظرية بوسينسك ، إنشاء بصلة الضغط ، وهو شكل هندسي يحيط بكامل التربة ، التي تتولد فيها إجهادات ذات شأن . تستمر تأثيرات الأساس المنفرد ، الى عمق يساوي مرة ونصف المسافة المحددة لعرض الأساس ، انظر الشكل (٧ ـ ١) . بينما تستمر تأثيرات الأساسات المستمرة ، الى عمق يساوي على الأقل ، ضعف عرض مجموعة الأساسات .



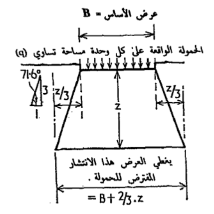
الشكل (٧ ـ ١) : يظهر الشكل بصلة أو مروحة الضغط المنتشرة تحت قاعدة أساس مفرد .
الشكل (٨ ـ ١) : يظهر الشكل بصلات أو مروحيات الضغط المنتشرة تحت قاعدة أساس مركّب (متعدِّد الأجزاء) .

ـ 1.4.2.10 : تشير ضخامة بصلة الضغط ، الى السلوك المشترك لكامل مجموعة الأساسات والقواعد الملاصقة لها ، انظر الشكل (٨ ـ ١) . تكتسب الملاحظة هذه أهميتها ، عند دراسة سلوك حصيرة أساسات مع مجموعة من الأساسات المنفردة الأخرى ، العائدة لأبنية محملة بحمولات ثقيلة ، وعند البت في عمق حفر التجاويف الخاصة باجراءات سبر التربة . بشكل عام ، إن

تراصت الأساسات ، بحيث لم تعد هناك مسافات بينها تزيد عن ضعف أو ثلاثة أضعاف متوسط عرض الأساسات ، فإن العرض الإجمالي لمجموعة الأساسات ، هو الذي ينبغي إدخاله في الحسبان ، عند تحديد عمق التربة ، التي من المفترض على المصمم إدخالها في الحسبان والتقصي عنها . في حالة الأساسات الوتدية ، تدخل في الاعتبار كافة عروض الأوتاد ، وتقاس أعماق بصلات الضغط ، ابتداء من السطح السفلي للأوتاد المغروسة في الأماكن المقترحة .

ـ 1.4.2.11 : يمكن تبني تصوُّر أولي ، لطريقة توزيع الإجهادات ضمن التربة ، أثناء اجراء الحسابات الأولية . ليتم لنا ذلك ، ينبغي ان نفترض ان انتشار الحمولات خلال التربة ، يتم بشكل مائل ، وبمعدل انحراف عن الشاقول نسبتة (⅓) ، انظر الشكل (٩ ـ ١) . نلاحظ في الشكل ، انه في حال تواجد أساس مفرد مربع الشكل ، عرضه (B) ، وقيمة الضغط المطبق على واحدة المساحة (q) ، فإن القيمة الوسطية للضغط الشاقولي عند نقطة تبعد عن السطح السفلي للأساس بمسافة تساوي (Z) ، تحسب وفق العلاقة التالية :

$$q.\ \frac{B_2}{(B+\ 2Z/3)^2} = q.\ \frac{1}{1+\ 4/3\ (Z/B)\ +\ 4/9\ (Z/B)^2}$$



الشكل (٩ ـ ١) : يظهر الشكل طريقة نشر حمولة الأساس لإنجاز الحسابات التقريبيّة .

ومن أجل شريحة طويلة ومستمرة ، تتحول العلاقة لتصبح :

$$q. \frac{B}{B+ 2Z/3} = q. \frac{1}{1+ 2/3. Z/B} .$$

نجد أن كلا الحالتين، أقل الى حد ما، من الرقمين في حدودهما القصوى، والمستنتجين من علاقة بوسينسك (على خط محور الأساس). ومن أجل قيم للنسبة (Z/B)، تصل الى حوالي (0.75)؛ تصبح العلاقة هذه أكثر دقة. تتناقص دقة العلاقة هذه كلما زادة قيمة نسبة (Z/B) عن القيمة المعيارية آنفة الذكر. وعند قيمة للنسبة تساوي (2)؛ تصل المغالاة في التقدير الى حوالي (50٪) من القيمة الدقيقة. تتسم العلاقة هذه بالدقة شبه التامة؛ في حال تطبيقها على تربة سائبة «غير متماسكة».

ـ 3 . 4 . 1 : حساب قيم الهبوط :

ـ 1.4.3.01 : نادراً ما يطلب من المعماري ، دراسة وحساب قيمة هبوط التربة بشكل مفصّل ، لذا سيكون ما سنتناوله هنا ، هي الأسس العامة فقط . ستدون الصيغة العامة لقيمة هبوط التربة مع دلالاتها ، عند دراسة طرق تصميم الأساسات في الكتاب المقبل .

ـ 1.4.3.02 : تستخدم نظرية بوسينسك عادة ، لحساب الهبوطات المباشرة لتربة متماسكة ، حين تعرُّضها لحمولة مطبقة . تستخرج قيمة معامل المرونة «E» (معامل يونغ) ، إما من التجربة المباشرة أو تُستنبط من الخبرة الشخصية . كما سنحتاج لاستكمال الحساب ، الى معرفة قيمة نسبة بواستون (نسبة الإنفعال المستعرض الى الانفعال الشاقولي الأولي) ، وهي قيمة سنأخذها مساوية لـ (0,5) . تحسب قيمة الهبوط مباشرة ، في حال كانت التربة متجانسة ، مستعينين بذلك على معرفتنا لأبعاد الأساس ولقيمة الضغط المرموز لها في الصيغة العامة . يمكننا استخدام اسلوب «ستبرنر» «Stainbrenner» ، في حال اقتصار الهبوط على طبقة محددة ، هي المعرضة للقوى الضاغطة . كما يمكن استخدام

الاسلوب هذا أيضاً ، في حساب الهبوطات التقريبية ، لعدد من الطبقات متباينة الخصائص ، وذلك بأخذ مجموع وفروقات أوضاع ستبرنر الملائمة لطبقات التربة بشتى أنواعها . تتناقص قيم هبوط التربة طرداً مع عمق الأساس ، ويمكن لنا تقدير مقدار الانخفاض هذا ، باستخدام عوامل تصل بالقيم المقترحة في جداول «فوكس Fox» الى النصف . يمكن أيضاً استخدام عوامل التخفيض ، لتغطية التأثيرات الناشئة عن صلابة الأساسات الضخمة .

ـ 1.4.3.03 : تقسّم التربة الى طبقات ملائمة ، في حال تواجد عدد من الأساسات المنفصلة ، والواقعة على مستويات متباينة ، حيث يصار بعدئذ الى رصد تغيرات الإجهاد في وسط كل طبقة ، وذلك أسفل النقطة ، التي من المطلوب عندها حساب مقدار الهبوط . تعطينا الحسابات هذه ، الهبوط الحقيقي لكل طبقة . يستخدم هذا الاسلوب بشكل عام ، في التربة التي يحتاج تماسكها الى فترة طويلة ، أو في التربة السائبة «غير المتماسكة» .

ـ 1.4.3.04 : إن القيمة التقريبية للزمن اللازم لتصلُّب طبقة الصلصال هي ناتج جداء سماكة طبقة الصلصال في الزيادة الطارئة على الإجهاد الصافي «q_n» في معامل التقلص الحجمي «M_v» ، الذي يمكن لنا معرفة قيمته ، من التجارب المجراة على التربة . تضرب القيمة بعدئذ ، بالعامل الجيولوجي «μ» ، والذي تتراوح قيمته ما بين (0.2 ـ 1.2) ، وذلك وفقاً لنوعية طبقة الصلصال ، وللحقبة الجيولوجية التي بدأت عندها بالتشكُّل. يتطلب وصول طبقة الصلصال الى درجة التماسك القصوى والمحسوبة بهذا الاسلوب ، زمناً طويلاً ونادراً ما تصله ، ولهذا فإن (90٪) من هذه القيمة ، هي التي تدخل في الحسابات كإجراء عملي . يمكن ايضاً وبطريقة اخرى ، حساب الوقت اللازم لاستكمال عملية تماسك الطبقة الصلصالية ، أو الوصول بها الى أي درجة من درجات التماسك ، من خلال معرفتنا لقيمة معامل التماسك «C_v». تقدر قيمة مُعَامِل التماسك وفقاً لطول وطبيعة ممر التصريف الواصل ما بين مسامات طبقة الصلصال الواقعة تحت الحمولة مباشرة . من الصعب غالباً تحديد أطوال وطبيعة ممرات التصريف ، خصوصاً إن كانت هناك طبقات نفوذة ، وكانت هناك صدوع

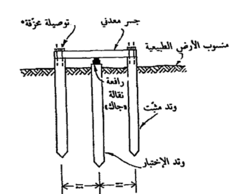
ضمن طبقة الصلصال ، أو في حال استخدام الأوتاد البيتونية (فالبيتون يتصف بنفوذية نسبية لهذا النوع من حركة المياه) . لهذا يكون من المستحيل عملياً ، حساب نسبة التصلب بدقة ، ولا حتى بدرجات قريبة من الدقة . نعتمد في حساب قيمة كل من «M_v وC_v»، على معرفتنا لمعدل الضغط الفعال في التربة، حال تطبيق الحمولة . هذا يعني أنهما يعتمدان على مقدار القيمة :

$$P_o + \frac{q_{ne}}{2}$$

ــ 1.4.3.05 : إن حساب قيمة هبوط تربة غير متماسكة ، تحت تأثير حمولة مطبقة ، ولو كانت مباشرة؛ هي عملية معقدة ، نتيجة لأن مُعامِل المرونة الفعال ، غالباً ما يتزايد بتزايد عمق التربة . عندما يكون من الضروري ، التوصل الى حساب دقيق لقيمة الهبوط ، فإن الاسلوب الأمثل المتبع لتحقيق هذه الغاية ، هو تقسيم التربة الى عدد من الطبقات ذات الأبعاد المناسبة ، ومن ثم تحديد قيمة هبوط كل طبقة منها ، وفق صيغة رياضية ، تأخذ بحسبانها سماكة الطبقة ، قيمة ثابت قابليتها للانضغاط «C» ، قيمة الإجهاد الفعال الأولي «P_o» ، ومقدار الزيادة الطارئة على قيمة الإجهاد «q_{ne}» . تتحدد قيمة ثابت قابلية الانضغاط «C» ، من خلال تجميع واستقراء نتائج تجارب الإختراق[13] ، أو بتقدير قيمتها استناداً للخبرة ووفقاً لمعرفتنا لقيمة الكثافة النسبية . هذا ، ولمزيد من التفاصيل ، راجع كتاب تفاصيل الأساسات وطرق تجهيز مخططاتها ، والذي سنعدّه قريباً إن شاء الله .

ــ 06 . 43 . 1 : الاسلوب الآخر المتاح لتحديد قيمة هبوط تربة غير متماسكة ، هو الاسلوب المعتمد على استقراء نتائج تجربة تحميل صفيحة موضعية[14] . يمكن ان نحصل على قيم هبوط دقيقة الى حد ما ، من خلال تطبيق نظرية «Ter Zoghi» شبه التجريبية ، وذلك عن طريق استخراج قيمة مُعامِل رد الفعل الثانوي ، وكذلك من «Ter Zoghi - Peck» التي تعتمد على الإستفادة من نتائج تجربة الاختراق الموضعي لتحديد الضغوط المسموح للتربة تَحمُّلها . تَفْرِض الضغوط هذه ، هبوطاً إجمالياً محدد القيمة ومساوٍ لـ (25m.m) ، وبذا نكفل أن

لا تزيد قيمة الهبوطات المتباينة العائدة للأساسات المتلاصقة عن (75٪) من القيمة المحددة تلك . تعطينا الطريقة هذه ، في معظم الحالات ، نتائج معتدلة جداً ، وقريبة من الدقة . تعدُّ الطريقة المعتمدة على استقراء نتائج تجربة تحميل صفيحة موضعية ، من الطرق المكلفة مادياً ، وهي قادرة فقط على اختبار تربة يصل عمقها الى حد معين ، وهي بالتالي لا تستطيع تزويدنا بمعلومات وافية عن الهبوطات طويلة الأجل . ولكن في بعض الحالات (كحالة طبقة كثيرة المكونات أو كحالة طبقة مكونة من أحجار ضخمة أو من صخور مدورة ، تمنع نجاح استخدام اي شكل أو طريقة من طرق سبر التربة) ، نجد أن طريقة تحميل صفيحة موضعية ، هي الطريقة الوحيدة المتاحة أمامنا. تعدُّ الطريقة المعتمدة على تحميل التربة بمجمل الحمولة المتوقع لها ان تتحملها ، هي الطريقة الأكثر دقة والأمثل اسلوباً لتحديد الهبوط الفوري الذي ستتعرض له ركيزة الإستناد ، انظر الشكل (10 ـ 1) ،



الشكل (١٠ ـ ١) : يوضحُ الشكل منظومة الأوتاد المثبّتة بصوامل معدنيّة ، حيث يظهر على الشكل وتد الإختبار ذي المرفاع (jack) ، والمغروس ضمن التربة .

* : وصلة مُزَقة: تجميع جزأين أو أكثر بواسطة مسمار ملولب (محزاق) وصمولة أو بواسطة لولب يمر خلال أحد الجزأين ويتلولب في الجزء الأخر.

ولكن كما في كافة تجارب التحميل ، لا يعطينا الاسلوب هذا ، سوى إشارة بسيطة للهبوطات الناشئة عن تفاعل اجهادات التربة مع مجموعة الأساسات المتجاورة .

ـ 1.4.3.07 : ينبغي أن ندخل في الحسبان ، التغيُّرات الفعالة للإجهاد ، الناشئة عن تطبيق حمولات مغايرة للمألوف ، كالحمولات الناشئة عن إزالة الغطاء الصخري بالحفر ، عن الردم ، أو نتيجة التغيُّرات الطارئة على

منسوب المياه الجوفيّة. إذا أدّت المتغيّرات كنتيجة نهائيّة، إلى خفض قيمة إجهاد التربة ، آنئذ ينبغي في حال كانت التربة متماسكة ؛ مراعاة معاملات المرونة المناسبة وقيمة «M_v» المستخدم لمعرفة مقدار انتفاخ التربة[15] ، (لا يمكن عمليّاً تقدير قيمة انتفاخ تربة غير متماسكة) . تعتمد معرفتنا لمدى تماسك تربة الردميّة ، الناشئة عن وزنها الذاتي ؛ على معرفتنا لتأثيرات مجموعة من العوامل وعلى رأسها ، معرفتنا لدرجة التراص الأوّلية . يمكن بالإعتماد على الأسس التجريبيّة وأساليب الإختبار ، التوصُّل بشكل أفضل ، إلى معرفة كلٍّ من كميّة ومعدّل التماسك .

ـ 1.4.3.08 : تعتمد مجموعة أساليب الحساب المتنوِّعة هذه ، على افتراض أنّ التربة تنحو منحى السلوك المثالي ؛ وأنّ خواص التربة ، قد تختلف من نقطة إلى نقطة ، ولكن ضمن حدود معطيات معيّنة ، حدّدتها لنا اختبارات سبر التربة . لهذا فإنّ الحسابات المجراة لمعرفة قيم الهبوط ، لن تعطينا سوى نتائج تقريبيّة (والأفضل أن نقول أنّ تلك القيم لا تتعدّى دقّتها (25٪) من القيم الحقيقيّة) . علاوة على ذلك ، كثيراً ما نحتاج إلى التقديرات الأكثر يسراً ، خصوصاً في حال رغب المصمِّم ، في تحديد تأثيرات هبوط التربة على أجزاء المنشأة العلويّة ، على أجزاء المنشأة السفليّة ، على الملكيات المجاورة ، على الطرق ، وعلى المرافق العامّة . لهذا تزايدت في الآونة الأخيرة ، التوجُّهات نحو استنباط أساليب من شأنها جعل حسابات هبوط التربة ، حسابات أكثر واقعيّة ، وذلك بتعديل خصائص التربة المتحصِّلة من تجارب تجرى على نطاق ضيِّق ، في ضوء سلوك التربة الملاحظ على نطاق واسع .

ـ 1.4.3.09 : يمكن أن يسبِّب هبوط الأساسات ، تصدُّعات تصيب هيكل المنشأة ، كما تصيب عناصر إكسائها . كما أنّ لهذه الهبوطات ، تأثير على التصميم الإجمالي للمنشأة ، وحتى على سلامة المبنى . لهذا يكون اهتمام المهندس الإنشائي ، بفرق الهبوط ما بين الأساسات المتجاورة ؛ أكثر من اهتمامه بمقادير الهبوط بقيمها المطلقة . يمكن أن يكون منشأ فروقات الهبوط ؛ خصائص المنشأة بما فيها الأساسات ، مواصفات الحمولة المعرّضة لها ، وكذلك تنوُّع حالات وظروف التربة . ينبغي إدخال تأثيرات الحمولة في الحسبان ، ولكن وفي حال عدم توفُّر

معلومات دقيقة عن ظروف الموقع ، يضطر المصمِّم إلى تخمين التأثيرات الناشئة عن ظروف التربة . يمكن أن تصل فروقات الهبوط في بعض الأحيان ، إلى ما يساوي نصف إلى ثلاثة أرباع قيمة الهبوط الأعظمي ؛ إلاّ أنّ إجراء حسابات أكثر دقّة ، تمكّننا من تخفيض تلك النسبة إلى حدٍّ بعيد . من المفيد أحياناً ، تمثيل الهبوطات بنسب تدعى بالتشوُّهات الزاويّة ، حيث يمثّل على سبيل المثال ، فرق الهبوطات المساوي لـ(10 m.m) ، والحاصل على مسافة أفقيّة تمتد إلى (10 m) ؛ بتشوُّه زاوي يرمز له بـ(1/1000) .

ـ 1.4.3.10 : تختلف المراجع ودور الخبرة ، في تحديدهم لمقدار التشوُّه الزاوي المسموح به لمبنى ما . تتراوح النسب المقتبسة من المراجع والكتب المتخصِّصة من (1/100) للأطر المكشوفة ذات المواصفات المحدّدة ؛ إلى (1/1000) ، أو أقل لمنشآت تتصّف بهشاشة المواد المستخدمة في إكسائها ، أو لتلك الحاوية على آلات ذات حساسيّة خاصّة . قد نحتاج إلى وصلات إنشائية خاصّة ، لتخفيض تأثير التباين في مقادير الهبوط . كما يمكن تقليص قيمة فروقات الهبوط إلى حدِّها الأدنى ، عن طريق اختيار مناسب لنوعيّة الأساسات . عند البحث في احتمالات حالة معطاة ، لا بدّ من تحديد مقدار الحمولة التي يحتمل عندها ، حصول خطر أو تشوُّه ما .

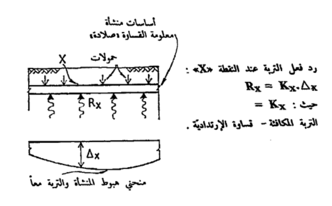
ـ 1.4.3.11 : تحصل عادة هبوطات تصيب أرض الموقع ، في نقاط تقع بعيداً عن مكان تواجد المبنى ، خصوصاً إن كانت أرض الموقع صلصاليّة البنية ، إذ يتطلّب عندها الوصول إلى تربة صالحة للتأسيس ، حَفْر حُفَر عميقة ، مما يستلزم توسيع عرض حفرة الأساس عن ما هو مطلوب لها ، وبالتالي نشوء زيادة في الضغط المطبّق على الأرض المجاورة لحفَر الأساسات . تكتسب هذه الملاحظة أهميّتها ، إذا كان انتشار الحمولات الثقيلة ، يتم على تربة أرضيات حاملة . إنّ الشكل هذا ، لا يتعدّى كونه شكلاً آخر من أشكال الأساسات ، وأنّ احتمالات معرفة تأثير العمق الضخم للطبقة الناعمة في توجيه سلوكيّة التربة ، هي احتمالات متاحة .

ـ 4. 4. 1 نظم الحاسوب :

ـ 01. 4. 4. 1 : يساعدنا تزويد الحاسب ببرامج مناسبة ، في تخفيض الجهد المبذول في تحديد كيفيّة انتشار الإجهادات ، وفي حساب قيم هبوط التربة . إلاّ أنّ الشيء الأكثر أهميّة ، هو أننا نستطيع باستخدام الحاسب ، دمج سلوكيّة البنية الفوقيّةژ للمنشأة ، مع سلوكيّة البنية التحتيّة ، مع سلوكية الأساسات والتربة ، وبالتالي التوصّل إلى تصوُّر شامل للعلاقة الحقيقيّة الرابطة ما بين العناصر تلك . إنّ القدرة على الإحاطة بكافّة جوانب سلوكيّة عناصر المنشأة ، بما فيها التربة الحاملة لها ، ما كان لها أن تتم ، لولا توفُّر التقنيات . قديماً ، كان يتم تصميم الأساسات المعقّدة ، من خلال إتّباع طرق الحسابات التقريبيّة ، المستندة على جداول تمّ تنظيمها يدويّاً ، اعتماداً على التجربة العمليّة ، مما أوقع التصاميم في ورطة المغالاة في تقدير الأبعاد ، إذ غالباً ما يكون عامل الأمان في الكثير من الحالات ، ذي قيمة حقيقيّة ، تقلُّ كثيراً عن ما يعتقده أو يخمِّنه المصمِّم . إننا نستطيع عن طريق الحاسوب ، التوصُّل إلى صيغة ، يمكنها إبطال العيب السابق ، وبالتالي إلى حسابات تتميّز بدقّتها. إلاّ أنّه ليس من الضروري دوماً ، إنتهاج سلوك التحليل المتعدِّد للمنشأة ، والمتميِّز بتعقّد مراحله ، فهذا التحليل في الواقع ، لا نحتاجه إلاّ في الأبنية ذات الحمولات الثقيلة ، في المنشآت الصلدة ، المنشآت الممتدة ، وعندما تكون الأساسات مستمرّة ، أو على شكل بلاطات حاملة ، سواء أكانت بأوتاد أو بدون أوتاد . كما يمكن استخدام أسلوب التحليل المتعدِّد في حال تعرُّض بنية المنشأة الفوقيّة لهبوطات متباينة ، وكذلك في بعض أشكال المنشآت البيتونيّة مسبقة الصب .

ـ 02. 4. 4. 1 : تتلخّص المشكلة الأساسيّة ، في إيجاد طريقة للتوصُّل إلى وسيلة ، تجعل من شكل التشوُّه النهائي الحاصل للمنشأة ككل بما فيها الأساسات ، مطابقاً لشكل التشوُّه المحتمل للتربة الحاملة للمنشأة . وبناء على هذا ، يمكن أن تصبح المشكلة ، هي مشكلة تحديد قيم للفعل ورد الفعل ما بين الأساسات والتربة ، والتي يمكنها مع الحمولات المطبّقة على المنشأة ؛ توليد تشوُّهات متناغمة .

ـ 1.4.4.03 : يتناول التحليل عنصرين مرتبطين بعلاقات تبادليّة التأثير ، ألا وهما المنشأة والتربة . إنّ إحدى الطرق المتّبعة لتبسيط أسلوب التحليل الإنشائي ، هي الطريقة المعتمدة على تقسيم الأساسات إلى عدد واف من العناصر، كأن تقسّم على سبيل المثال، إلى عدد من البلاطات التأسيسيّة صغيرة الأبعاد، أو إلى عدد من الأوتاد ، أو القواعد المفردة . نعمل بعدئذ على تعيين سلوك هذا الجزء من الأساس ، وتحديد ما ينتابه من تغيُّرات تحت تأثير حمولة تقع عليه ، ضمن الظروف الخاصّة التي تتميّز بها التربة الحاملة له ، وذلك وفقاً لأساليب الحسابات التقليديّة المعتمدة في هندسة التربة . ينبغي عند إجراء



الشكل (١١ ـ ١) : يظهر الشكل أسلوب التحليل المتّبع في الحاسوب ، والمعتمد على ارتداديّة التربة المكافئة .

حسابات تحديد قيم هبوط العنصر ، مراعاة الحمولة الواقعة على كافّة العناصر ، أنظر الشكل (11 ـ 1) . قد يكون من الضروري إجراء عمليّة التقريب المتتالي ، للتوصُّل إلى القيم الدقيقة نسبيّاً . تعدُّ الطريقة هذه من الطرق المرنة ، إذ تراعى في هذه الطريقة ، التغيُّرات الضخمة في طبقة التربة ، الظروف الإنشائيّة ، وظروف التحميل . كما تراعى فيها مجموعة من التعقيدات كانتفاخ التربة وتأثيرات

المياه ، وبذا نستطيع القول بأنّها طريقة يمكن استخدامها ، لتحليل منشأة تتّصف بضخامة مشاكلها .

ـ 1.4.4.04 : إنّ التصوُّر الآخر الممكن لعمليّة التحليل الإنشائي ، هو الأسلوب المسمّى بأسلوب «العنصر المحدّد» ، حيث يقوم الإنشائي ، بتقسيم كتلة التربة والمنشأة جميعاً ، إلى أجزاء مناسبة ، ذات أبعاد صغيرة ، على أن يمتلك كل جزء من الأجزاء أو الأقسام هذه ، كافّة الخصائص والمواصفات المعزوّة إلى المنشأة والتربة معاً .

يجري بعد تحديد العناصر ، حساب التفاعل ما بين كافّة العناصر تلك ، تحت وطأة نظام تحميلي معطى . إلّا إنّ لهذا التصور سلبيّات عدّة ، أهمُّها أنّ الزمن اللازم لتلقيم الحاسب بالمعلومات ، هو زمن طويل نسبيّاً ، لذا وفي حال كانت المشاكل ضخمة ، فإنّ زمن التلقيم يزداد ، وبالتالي تصبح العمليّة برمُّتها متعذّرة التطبيق . إنّ الطريقة هذه نظريّاً ، هي من أكثر الطرق دقّة .

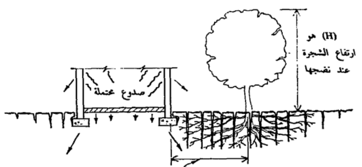
ـ 1.4.4.05 : يعتمد التحليل النظري لكلٍّ من المنشأة والتربة، على دقّة وصحّة الإفتراضات الأوليّة ، وذلك فيما يتعلّق بتحديد الخصائص وسلوك الأنظمة والحمل المرتبطة بها . فيما يتعلّق بالتربة بشكل خاص ، فإنّ الإفتراضات غالباً ما تكون تقريبيّة ، لذا فإنّ الخبير فقط ، هو القادر عادة على إصدار حكم يمكن له فيه تحديد درجة دقّة تلك الإفتراضات ، وبالتالي يمكن له تحديد فيما إذا كان التحليل المجرى مقبولاً أم لا .

ـ 1.4.4.06 : في الختام، نستطيع القول بأنّ كافّة الطرق وأساليب التحليل هذه ، يمكنها إعطاء نموذج الهبوط ، خلال فترة محدّدة ، سواء أكانت طويلة أم قصيرة . تتضمّن المعلومات ، التوزيع المتماثل لإجهادات التربة أو الحمولات الواقعة تحت الأساسات ، وهي معلومات نستخدمها للتأكُّد من سلامة المنشأة . كما تتضمّن المعلومات المستخلصة ، القوى أو الإجهادات المتولِّدة ضمن المنشأة . نستطيع من خلال عدد من البرامج المتاحة في الأسواق ، إنجاز التحاليل الإنشائيّة . إلّا أنّ استخدام الحاسب ، وبالتالي الإستفادة من البرامج هذه ، تحتاج إلى دراية خبير ومهارة في الإستخدام .

ـ 1 . 5 حركات التربة الناشئة عن أسباب مغايرة للحمولة :

ـ 1.5.1 : الحركات الناشئة عن المياه :

ـ 1 . 5 . 1 . 01 : تنشأ الحركات هذه ، بسبب التغيُّرات التي تطرأ على كميّة المياه داخل الفراغات الواقعة ما بين جزئيات التربة ، وهي حركات لا علاقة لها بتبدُّل الإجهادات ، أنظر ذيل الفقرة (01 . 0 . 2 . 1) . كما أشارت الفقرة (01 . 3 . 3 . 1) في أجزاء منها ، إلى أنواع شائعة من الحركات هذه .



ينبغي ان لا تقل مسافة ابتعاد الشجرة المفردة عن أساسات المبنى ، عن ارتفاعها في وقت نضجها .
ينبغي أن لا تقل مسافة ابتعاد مجموعة من الأشجار عن أساسات المبنى ، عن مرة ونصف ارتفاع أعلاها

الشكل (12 ـ 1) : يظهر الشكل تأثير المبنى ذي الأساسات الضحلة ، على الطبقة الغضارية القابلة للتقلُّص ، والواقعة تحت سطح التربة مباشرة . تشير الأسهم إلى اتِّجاه حركة المنشأة ، حيث تتمثّل تلك الحركة ، على شكل شدوخ شد ، تظهر على سطح الأرض ، وبما أنّ التقلُّص داخل المبنى أقلُّ شدّة ، فإنّ تقلُّصات التربة كما نلاحظ ، تبتعد عن مواقع الأساسات .

ـ 1 . 5 . 1 . 02 : تتعاظم تأثيرات هذه الحركات عموماً ، في حال كانت حبيبات التربة أكثر نعومة ، كما في حالتي التربة الغضاريّة والغرينيّة . تتقلّص التربة عندما تجف ، وتنتفخ حال ابتلالها ؛ وتعدُّ محصِّلة هذه الحركات ، بمثابة مصدر دائم للمتاعب، خصوصاً إن كانت الأساسات ضحلة العمق ، ومستندة على تربة صلصاليّة ، أنظر الشكل (12 ـ 1) . وتبقى الحركات هذه مستمرّة ، ما دامت محتويات التربة من الرطوبة ، تزيد عن حدِّ التقلُّص .

ـ 1.5.1.03 : تلعب ظروف المناخ وطبيعة الحياة النباتيّة، الدور الرئيسي في توليد أمثال الحركة هذه ، وذلك في التربة القابلة للتقلُّص . يتمثّل عامل المناخ ، بميل التربة القريبة من السطح نحو الجفاف أثناء فصل الصيف ، وبامتلائها بالماء ثانية أثناء الشتاء . إن مقدار الحركة المسموح بها ، يمكن أن يختلف من منطقة إلى أخرى ، إلاّ أنّها في الكود البريطاني ، ينبغي أن لا تزيد شاقوليّاً ، عند السطح ، وفي منطقة خالية من النباتات ؛ عن (25 m.m) ، وينبغي أن تظلّ أقل من (6 m.m) ، على عمق (1.25m) . يمكن أن تسبِّب المياه في مناطق ما ، حركات أضخم . تعمل الأبنية بشكل عام ، على حماية التربة الواقعة تحتها ، لذا فإنّ حركة التربة تتعاظم ، كلّما اتّجهنا نحو محيط المبنى .

تساهم المساحات المرصوفة في حماية التربة ، إلاّ أنّ فعّاليّة مساهمتها تتوقّف على أبعادها ودرجة نفوذيّتها للمياه .

ـ 1.5.1.04 : تسبِّب جذور النباتات انتشار الحركات الناشئة عن الرطوبة ، إلاّ أنّ سعة الانتشار ، تختلف باختلاف نوعيّة الجذر . تستطيع جذور الشجيرات والأشجار الضخمة ؛ إبقاء التربة بحالة جفاف دائم ، ولعمق يصل إلى حوالي خمسة أمتار ، وذلك أثناء فصل الصيف ، بينما لا تستطيع فعل ذلك أثناء فصل الشتاء، إلاّ إذا أُحِيْطَت الشجيرات والأشجار بكميات من العشب ، إذ بهذا يبقى سطح التربة جافّاً ولعمق يصل إلى حوالي (2 m) . يمكن أن تسبِّب الأشجار الضخمة والنباتات الأخرى ، تغيرات في الرطوبة ، تؤدي إلى حركات سطحيّة شاقوليّة ، تصل إلى حوالي (100 m.m) .

ـ 1.5.1.05 : يمكن أن تتقلّص التربة شاقوليّاً وأفقيّاً ، حيث تعمل الإنهيارات السطحيّة الشاقوليّة ، على تحريك جدران المبنى باتّجاه الخارج ، بعيداً عن المساحات الأكثر حماية ، وتزيد من نفوذيّة التربة ، بما تتيحه من مسالك صالحة لعبور المياه . يمكن لهذه الظاهرة ، تليين وإضعاف الطبقة الغضاريّة ، الواقعة مقابل الأساسات ، كما يمكن لها إضعاف حتى الطبقة الغضارية الواقعة أسفل الأساسات ذات الأعماق الضحلة . إذا أزيلت الحياة النباتيّة ، فإنّ التربة الجافّة ، تستعيد قدرتها على امتصاص المياه بالتدريج وبالتالي تنتفخ . إن كانت النباتات

عميقة الجذور ، فإنّ الإنتفاخ الذي تسبِّبه ، يمكن أن يكون ضخماً ومستمراً على مدى عشر سنوات . يمكن أن يحدث انتفاخاً مماثلاً ، لطبقات من التربة المحمبّة، إن أزيلت حمايتها، سواء أكان مايحميها أجزاء من المبنى أم مساحات مبلّطة . إنّ الضغط المتولِّد عن الإنتفاخ هذا ، من القوّة بحيث يكون كافياً عادة لرفع المباني المشادة حديثاً .

ـ 1.5.1.06 : يمكن أن تسبِّب حركات كهذه ، تصدُّعات في المبنى، ما لم تؤسّس قواعدها على عمق مناسب ، وما لم تسند إلى تربة قادرة على تحمُّل أمثال التأثيرات هذه . تحدث سلسلة من الحركات ، سواء تواجدت الحياة النباتيّة أم أزيلت ، وسواء أكانت الأساسات عميقة ، أو اتُّخذ بشأنها الإحتياطات المناسبة ، والمساعدة على تقليص احتمالات الخطر إلى حدِّها الأدنى . فعلى سبيل المثال ، لا يمكن بحال قبول أساسات ضحلة العمق ، مستندة على تربة قابلة للإنكماش ، إن وجدت بقربها شجرة ، على بعد لا تزيد مسافته عن المسافة المحدَّدة لارتفاع الشجرة عند اكتمال نموُّها . كما لا يمكن قبول تلك الأساسات بمواصفاتها تلك ، إن كان بقربها صفاً من الأشجار ، وعلى بعد لا تزيد مسافته عن مرّة ونصف المسافة المحدَّدة لإرتفاع أعلى شجرة في المجموعة ، أنظر الشكل (12 ـ 1) . بالمقابل لا يجوز زرع أشجار بالقرب من المبنى ، وعلى مدى امتداد المسافات المعياريّة تلك . في حال هدم المباني أو إزالة الحياة النباتيّة من ضمن المسافات الحرجة تلك ، والواقعة ضمن المبنى المخططّ ؛ يُنْتَظر قليلاً قبل الشروع في إنشاء المبنى الجديد ، وذلك إلى أن تنتفخ التربة وتثبت على وضعها الجديد .

ـ 1.5.1.07 : تتوقّف التصدُّعات خلال أشهر الشتاء ، سواء منها ما كان يحدث في المنشأة أم ضمن طبقات التربة . إلا أنّ توقُّفها ليس تاماً ، إذ تتفاقم الحالة سوءاً وبالتدريج ، عاماً إثر عام . تتعرّض الأرضيات المحمولة مباشرة على سطح التربة أيضاً ، لتأثيرات حركة التربة ، لذا لا يجوز أن تتاح الفرصة للمياه ، لكي تتجمّع أثناء فترة الإنشاء ، إذ يسبِّب السماح لها بذلك ، انتفاخ التربة على المدى الطويل ، وبالتالي تحوُّل الأرضيات تحت ظروف خاصّة ، إلى أرضيات معلّقة . يمكن أن تسبِّب تجهيزات التدفئة ، تقلُّصات حراريّة ، ناشئة

عن جفاف التربة ، خصوصاً إن لم يُعْزَل سطح التربة بشكل كاف ، أو إن لم تزوّد الأرضيّة بفتحات جيّدة للتهوية ، أو بأيٍّ نظام آخر ، يساعد على التبريد والتهوية .

ـ الجيشان الناشىء عن التجمد :

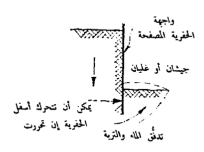
ـ 1.5.1.08 : هناك نوع آخر من الحركة ، تتولد عن المياه المتواجدة ما بين حبيبات التربة . تحدث أمثال هذه الحركة ، ضمن أنواع من التربة ، تسمح بدخول المياه إلى فجوات تتواجد ضمن الطبقة القابلة للتجمُّد ، وهي الطبقة المتواجدة عادة ، بالقرب من سطح الأرض . تبدأ المياه المتواجدة ما بين حبيبات تلك الطبقة بالتجمُّد التدريجي ، وبالتالي تأخذ سماكة الجليد بالإزدياد ، إلى أن تتمزّق التربة ، نتيجة تمكُّن الجليد ، من رفع الطبقة السطحيّة إلى ارتفاعات عالية . هناك أنواع من التربة ، تتّصف بشدّة تأثُّرها بالجيشان الناشيء عن التجمُّد ؛ ومن هذه الأنواع : الطِّفل ، الصلصال الرملي ، الطبشور والرمال شديدة النعومة . كما أنّ هناك أنواع من التربة ، تتّصف بضعف تأثُّرها بظاهرة الجيشان الناشيء عن التجمُّد ، نذكر منها : التربة الغضاريّة وأنواعاً من التربة ذات التراكيب الخشنة . كما ينبغي الإنتباه ، إلى أنّه يمكن للمياه الجوفيّة ، أن تتواجد أحياناً ، على منسوب قريب من العمق الذي تستطيع الحرارة المنخفضة الوصول إليه . تنص تعليمات الكود البريطاني ، على ضرورة عدم استخدام المواد سريعة التأثُّر بظاهرة الجيشان الناشيء عن التجمُّد ؛ في المنطقة الواقعة تحت الأساسات أو البلاطات التأسيسيّة . يعدُّ الإمتناع عن استخدام مواد قابلة لإحداث ظاهرة التجمُّد ، ضمن المسافة المحصورة ما بين سطح الأرض ، وبين الطبقة الواقعة على عمق (500 m.m) ؛ إجراء كافياً لحماية المنشأة من الأضرار المتولِّدة عن ظاهرة الجيشان الناشيء عن التجمُّد . هذا ، ومهما كانت نوعيّة التربة ، فلا خوف على المبنى من ظاهرة الجيشان الناشيء عن التجمُّد ، إن كان المبنى مدفّأً وذي حرارة داخليّة معتدلة ؛ بينما قد تصل تأثيرات ظاهرة الجيشان الناشي عن التجمُّد إلى عمق ضخم ، في المباني المخصّصة كمستودعات تبريد أو ما شابهها ، مما يستلزم اتِّخاذ احتياطات أكثر صرامة . يمكن أن تصل مقادير

الجيشان في حالات كهذه ، إلى كميات ضخمة ، كما يمكن أن تستمر وتزداد مقاديرها على مرِّ السنين ، لهذا لا بدّ من استخدام عازل خاص ، أو العمل على اتّخاذ إجراءات من شأنها تدفئة الأرض . هذا ، وليكن معلوماً ، أنّ إجراءات كهذه ، هي إجراءات معقّدة ، ولا بدّ لضمان حسن تنفيذها ، من استشارة خبير . لتوضيح خطورة ما يمكن أن يحدث ، نبيِّن ما يمكن أن ينشأ عن ظاهرة ما يسمّى بغليان الجليد ، وهي ظاهرة تتمثّل بذوبان التربة المجاشة ، المترافق بتحرُّر كميات ضخمة من المياه .

ـ 1.5.1.09 : يمكن أن يتحرّك الماء ، عبر تربة ذات حبيبات خشنة ، بسرعة أكبر مما هو عليه الحال ، فيما لو كانت التربة مؤلّفة من مواد ذات حبيبات أنعم . يمكن أن تجرّ الظاهرة هذه مشاكل إضافيّة ، حيث أنّ تربة كهذه ، ذات حبيبات خشنة ، يسبِّب فيها تدفُّق المياه السطحيّة ، أو تسيُّل المياه الجوفيّة الناشىء عن الحفريات ، الضخ ، المعالم الطبوغرافيّة ، الطوفان ، أو حتى الارتشاح من المجارير وخطوط المياه الرئيسيّة ؛ضياعاً في التربة . تُكْشَط الجزئيات الناعمة من المادّة الأساسيّة ، المتدرِّجة بشكل حسن ، بينما تهاجر المواد الرمليّة الكثيفة والبحص ، تاركة المادّة الخشنة في حالة قلقة . بالمقابل يمكن أن ترتفع قيمة الضغط المحايد ، لكي يتسنّى التغلُّب على الضغط العام الحاصل ما بين جزئيات التربة ، خصوصاً إن كانت التربة رخوة ، ولم تتعرّض لرصٍّ كاف ، وكانت حبيباتها ناعمة ورملها غير منتظم . تصل التربة إلى مثل هذه الحالة ، نتيجة اعتماد طريقة الصدم أو الهز في إنجاز عمليّة تحقيق التماسك . ينشأ عن ما سبق ، فقدان التربة لقدرتها على مقاومة قوى القص ، ووصولها إلى حالة تعرف بالوعث ، (وهو نوع من الرمل اللينٌ تغيب فيه الأقدام) .

هناك ظاهرة مماثلة تدعى الفجوة الأنبوبيّة أو الغليان ، وهي ظاهرة تتمثّل بارتفاع التربة الناشىء عن تحرُّك ارتشاحي ضخم للمياه الجوفيّة ، ضمن أسفل الحفريّة ، أنظر الشكل (13 ـ 1) .

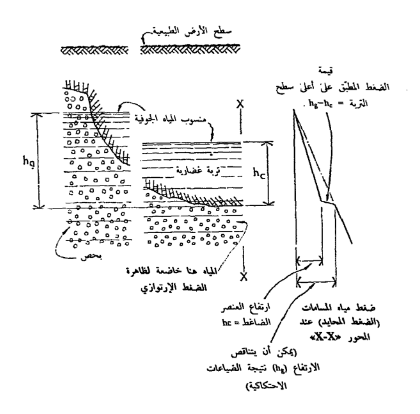
ـ 1.5.1.10 : تحدث مشكلة لها علاقة بما ذكرنا سابقاً، في حال احتوت تربة منخفضة النفوذيّة ، طبقة ترابيّة أكثر نفوذيّة ، كحواجز الرمل في تربة صلصاليّة . يستطيع بعدئذ ضغط المياه المحتبس في الرمل ، رفع وزن كلٍّ من الصلصال والماء المجمّع فوقه ، مما يسبب عوم الصلصال أو جيشانه . تحجز المياه ، ويصل ضغطها إلى مستويات غير مألوفة . إن وصل الحال إلى تلك الحالة ، نقول بأنّ ما وصلنا إليه هو الحالة الارتوازيّة ، أنظر الشكل (14 ـ 1) ، وأنّ التغيّر المفاجىء في نفوذيّة التربة ، هو المسؤول عن انحراف العلاقة الخطيّة النظاميّة ، الرابطة ما بين الضغط وعمق التربة .



الشكل (13 ـ 1) : يفضي جيشان تربة أسفل الحفريّة ، إلى ما يسمّى بالفجوة الأنبوبيّة* (حيث يتدفّق الرمل والغرين) ، وبالتالي إلى إخفاق التربة الناعمة ، وعجزها عن تحمُّل قوى القص ، أنظر أيضاً الفقرة (1.5.2.15)

ـ 1.5.2 : الحركات الأخرى :

ـ 1.5.2.01 : تُعامَل هبوطات أيِّ تربة (وكذلك انتفاخ التربة الغضاريّة) ؛ الناشئة عن تغيُّرات عامّة ، تصيب منسوب المياه الجوفيّة ؛ معاملة الحركات الناشئة عن الحمولة . قد تشكِّل العديد من الحركات الضخمة الأخرى ، مصدراً رئيسيّاً لعدم استقرار المنشأة ، كما قد تكون من نواح أخرى ، مدعاة لقوّة وثبات التربة . يمكن أن تظهر حركات كهذه ، كردِّ فعل لظاهرة طبيعيّة أو اصطناعية . هذا ، وسنتناول في هذه الفقرة ، بعضاً من تلك الظواهر .



الشكل (١٤ ـ ٦) : يظهر الشكل توضيحاً لظاهرة الضغط الإرتوازي .

ـ الحركة الناشئة عن الزلازل :

ـ 1.5.2.02 : تسبِّب الزلازل أنواعاً مختلفة من الحركات النموذجيّة في القشرة الأرضيّة ، وتلك بدورها تسبِّب اهتزازات حادّة . تعدُّ قدرة الموجات الطويلة ، على الانتقال على طول سطح الأرض ، بسرعة تتراوح مابين (3- 4Km/S)؛ هي المسؤولة عن معظم الكوارث الناجمة عن الزلازل. تقاس عِظَم الهزّة عادة ، عند موقع معطى ، بالقيمة المحدَّدة للتسارع ، وتلك تختلف وفقاً لصرامة الهزّة ، والتي قد تصل إلى ما يزيد عن (5000 m.m/S/S) ، مما يعني أن تسارع الهزّة ، يمكن أن تصل قيمه الى ما يزيد عن نصف التسارع الناشيء عن

الجاذبيّة الأرضيّة. إنّ طريقة تصميم منشآت على مساحات عرضة للهزّات الأرضيّة ، هي مسألة تهمُّ فقط الإختصاصيين في هذا الحقل من الانشاء . كما أنّ الإحترازات الضرورية ، المتعلِّقة بالتصميم العام وتصميم البنية الفوقيّة ، غالباً ما نراها مدونة ومغطاة بالتعليمات المحليّة والكودات الوطنيّة . تهتم التعليمات المحلِّية، في وصف القوى الجانبيّة (التسارعات) ، وفي تبيان الطرق الكفيلة برفع قدرة المنشأة على مقاومتها .

ـ 1.5.2.03 : ينحصر الهدف العام ، في السعي وراء تقليص الأخطار الناشئة عن الزلازل الى حدِّها الأدنى ، ويتم لنا ذلك بتقييد إتِّساع الإهتزازات الإنشائيّة ، وتحديد تفاوت تأثير الزلازل على الأجزاء المترابطة . لهذا ينبغي أن تتّبع البساطة في تصميم المنشآت وأساساتها ، وأن يتحقّق من خلال التصميم ، التلاحم الجيِّد ما بين المنشأة وقاعدتها .

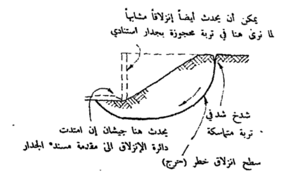
ـ 1.5.2.04 : يمكن أن تكون الأساسات الوتديّة بشكل خاص ، عرضة أكثر من غيرها لأخطار الزلازل . تتعاظم تأثيرات الزلازل ، إن اتّصفت التربة المحلِّيّة بضعف ما ، كأن تتّصف صخور الطبقة السفليّة ببعض المعايب ، وعندها يمكن أن تحدث حركات ضخمة ، كالإنهيالات الصخريّة . يمكن أن تحدث الحركات الناشئة عن الزلازل في أيِّ اتِّجاه .

ـ الحركة الناشئة عن الانزلاقات والانهيالات الترابية :

ـ 1.5.2.05 : تعتمد امكانيّة حدوث انهيار جانبي للتربة على السمات الجيولوجيّة للتربة المحلِّيّة؛ إذ تهيء الجروف ، المقاطع شديدة الإنحدار، وأنواع المنحدرات الأخرى؛ الظروف المناسبة لحدوث إنزلاقات خطيرة ، خصوصاً إن ترافقت بظاهرة التعرية ، أو وجِدَت متوارية ، مستويات تربيّة ضعيفة . يمكن أن يحدث في ردم ترابي (طبيعي أو اصطناعي) ؛ إنزلاقات دورانيّة جوفيّة ، أنظر الشكل (15 ـ 1) ، خصوصاً إن كانت التربة متماسكة ، وكانت مقاومتها لقوى القص ضعيفة . يمكننا بشكل نظري ، تحليل خطورة النوع هذا من الإنزلاقات .

ـ 1.5.2.06 : يمكن للتربة ذات السطوح الناعمة ، أن تدب زاحفة ببطء، إن زاد ميل زاوية انحدارها عن (1/10) . يمكن أن تصبح حركات كهذه

أكثر وضوحاً، عند الجروف أو الأراضي الجرداء (الخالية من الأشجار). يمكن أن يحدث الشيء ذاته ، إن غاصت طبقة صخريّة ضمن سطح ترابي ، حيث تضعف المستويات الطباقيّة [٦٥] ، وتنزلق بفعل المياه . يمكن للأعمال الإنشائيّة ، خصوصاً إن تعارض تنفيذها مع ضرورات تحقيق ميول طبيعيّة لشبكة التصريف الصحي ، أن تزيد من تقلّبات ميول التربة ، لذا كان من الأفضل في حال الشك ؛ تجنُّب البناء على مساحات كهذه .



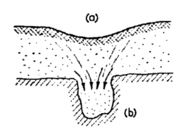
* : مسند: هو جزء من قاعدة جدار استنادي، يقع عند الجهة المقابلة للمادة المسنودة.

الشكل (٦٥ ـ ١) : يظهر الشكل إنزلاقاً دورانياً نموذجياً لجرف ترابي . يشكّل سطح الإنزلاق الخطر ما يشبه الدائرة ، حيث تزيد قيمة عزم كتلة التربة حول محور الدوران ، كثيراً عن قيمة عزم مقاومة القص السطحي .

ـ حفر الإزدراد :

ـ 1.5.2.07 : حفر الإزدراد أو الحفر الغائرة ، هي عبارة عن تجاويف نتجت عن فعل المياه ، المتمثّل بعمليات الحتّ والتآكل ، داخل أحجار الكلس أو الطبشور . يمكن أن تردم الطبقة الحاوية لهذه التجاويف فيها بعد ، بطبقة تغطية أخرى . قد تكون الطبقة الحاوية على حفر الإزدراد على عمق ضخم ، كما قد تكون متوارية وراء التربة السطحيّة ، إلا أنّ ضعف التربة السطحيّة ، وبالتالي انهيارها ، سيكشف لنا عن وجودها ، أنظر الشكل (16 ـ 1) . غالباً ما تستخدم في أعمال الردم ، مواداً «غير مليئة» ، بمعنى أن تكون المادّة الترابيّة المستخدمة في

الردم، مادّة ناعمة نسبياً أو رخوة، وبالتالي فهي عرضة مستقبلاً لانخسافات مفاجئة . من الممكن تجسير حفر الإزدراد الفرديّة ، وفي حال كانت حفر الإزدراد هذه عريضة ، أو كانت المسافات التي تفصل بينها ، مسافات صغيرة نسبيّاً ، فإنّه يصبح من المستحسن الإبتعاد عنها ، والتفكير في موقع آخر أكثر صلاحيّة .



الشكل (١٦ - ١) : يظهر الشكل رسماً توضيحيّاً لإحدى حُفَر الإزدراد .
الشكل (١٦ - ١ - آ) : يظهر الشكل انخسافاً سطحياً ناشئاً عن انهيار التربة ضمن فجوة جوفيّة .
الشكل (١٦ - ١ - ب) : يظهر الشكل فجوة تكوّنت بفعل المياه في طبقة طبشوريّة أو في طبقة مكوّنة من الحجر الكلسي .

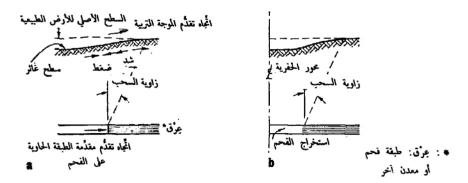
- الإنخساف التعديني :

- 1.5.2.08 : يمكن أن يحدث هبوطاً سطحيّاً مشابهاً لذاك الذي يحدث في حال تواجد حفر الإزدراد ، إن جرت على الموقع ، أعمال استخراج المعادن من باطن الأرض . في حال كان الموقع المختار للبناء ، عرضة لأعمال منجميّة ، أو عرضة لأن تستخرج المعادن من باطنه مستقبلاً ، فلا بدّ من استشارة مهندس مختص بأمور المناجم ، لكي يحدّد ماهيّة وحجم الأخطار الناجمة عن عدم ثبات التربة السطحيّة . هذا ، وفي كلّ الأحوال ، لا بدّ من عمل بعض السبور النوعيّة الخاصّة ، في الأماكن التي يشك أنّها كانت يوماً منجماً لاستخراج المعادن .

ـ 1.5.2.09 : تُسْتَكْمل كافّة الإنخسافات السطحيّة الأوّلية ، الناشئة عن انهيار سقوف الحفريات المنجميّة ، كما في حالة مناجم استخراج الفحم ، فور إيقاف أعمال الاستخراج في المنطقة المعنيّة . إلا أن أساليب الحفر القديمة ، المعتمدة على حقن تربة ومواد ردميّة ، من خلال فتحة الدخول ، لتحل محلّ الفحم المستخرج ، والتي يمكن أن تزال فيها بعد ، جزئياً أو كليّاً ، هي التي يمكن أن تسبّب مبدئيّاً ، هبوطاً في الطبقة السطحيّة ، يتّصف بأنّه شاذ ومتخالف على نحو ما ، إضافة إلى أن هذه الأساليب ، هي السبب في التعرُّض طويل الأجل ، لأنواع متعدِّدة من أخطار عدم ثبات التربة .

ـ 1.5.2.10 : تعدُّ تغيُّرات الإجهاد الناشئة عن تواجد بناء جديد على سطح التربة ، كافية لسحق أسقف سراديب المناجم ، وإن لم يصل الأمر الى حدّ الإنهيار الشامل أو السحق التام للدعامات الحاملة . هذا ، ولا جرم أنّ احتمالات خطر الإنخساف المفضي إلى تدهور أعمال الحفريات القديمة تبقى قائمة ؛ وإن كان الغطاء الصخري كافياً لمنع الإنهيار الشامل . يمكن أن تحدث ظاهرة انخساف التربة ، كمحصِّلة لفعل المياه الجوفيّة في التربة ، أو كنتيجة لمتابعة استخراج المعادن من عروق [17] أخرى . تتّصف الإنخسافات هذه بأنّها موضعيّة ، خصوصاً وأنّها تأخذ شكل المنخفضات السطحيّة ، المشابهة لحفر الإزدراد . يمكن تقليص حجم الأخطار الناشئة عن الحفريات القديمة ، الواقعة أسفل البناء المقترح ، بإنشاء أساسات مجسّرة عالية المنسوب ، خصوصاً على المساحات التي تتعاظم فيها احتمالات التعرُّض للإنهيار ، أو تصبح فيها بحكم المؤكّد . كما يمكن رفع كفاءة التربة ، بإنشاء الركائز والأوتاد ، والتي تقع على عاتقها ، نقل حمولة المبنى ، إلى منسوب يقع تحت منسوب التربة المشكوك بكفاءتها ، مع الأخذ بعين الاعتبار ، ضرورة إتّخاذ الحيطة ، لمقاومة إجهادات القص الأفقيّة ، وقوى السحب الشاقوليّة المتّجهة نحو الأسفل ، والتي يمكن لها أن تتولّد مستقبلاً . يمكن اعتبار محاولة ردم الحفر وفتحات المناجم القديمة ، عن طريق الحقن من السطح بمواد مناسبة ؛ واحدة من المحاولات الاقتصاديّة .

ـ 1.5.2.11 : يستخرج الفحم في هذه الأيام عادة، عن طريق التقدُّم المتواصل للوجه الطويل ، أو مايسمّى بنظام الواجهة الطويلة [18] . تملأ الفجوة الناتجة ، إلى درجة ما بمواد مهملة ، وكما يمكن للدعامات أن تزال أو تسحق ، كذلك يمكن للتربة أن تغور ، وللسقف أن يخسف ، ويتم كلا الأمرين معاً وبشكل تدريجي . إنّ حركة سطح التربة ، هي حركة تموُّجيّة ، تتقدّم مع تقدُّم مقدِّمة طبقة الفحم . تتحدّب التربة الواقعة في مقدِّمة الموجة ، معرِّضة بذلك التربة لإجهادات شد أفقيّة ، بينما تتقعّر التربة الواقعة خلف الموجة ، معرِّضة بذلك التربة لإجهادات ضغط . تظهر حالات مشابهة ، إلى القرب من حواف الواجهة ، أنظر الشكل (17 ـ 1) . يظهر الشكل آنف الذكر أيضاً ، زاوية السحب [19] الفعّالة والمساوية عادة لـ (35°) . وهكذا تكون الأبنية المشادة فوق منطقة موجة انخسافية ؛ أبنية معرّضة لحركات أرضيّة أفقيّة مشابهة لحركة تلك الموجة ، وإلى حركات تؤدي إلى قلب التربة ، وأخرى شاقوليّة .



الشكل (١٧ ـ ١) : يظهر الشكل حركة الأرض الطبيعيّة نتيجة تطبيق نظام الواجهات الطويلة في استخراج الفحم .

الشكل (١٧ ـ ١ ـ آ) : يظهر الشكل مقطعاً موازياً لجهة الدفع الأمامي .

الشكل (١٧ ـ ١ ـ ب) : يظهر الشكل مقطعاً موازياً لواجهة التشغيل .

ـ 1.5.2.12 : تتّبع لتقليص حجم الأخطار إلى حدِّها الأدنى، مبادىء التصميم الإنشائي المتّصفة بالمرونة ، حيث تصمّم المنشآت ، بما فيها المنشآت المصنّعة ، إما على شكل أطر مفصلية [20] ، مرتكزة على بلاطات

سطحيّة ، لمقاومة الإنفعالات الأفقيّة ؛ أو على شكل منشآت ضخمة ، مقسّمة إنزلاقياً إلى وحدات مستقلّة ، تفصل فيما بينها فجوات ضخمة حسنة التفاصيل . يمكن أيضاً استخدام أسلوب الروافع لتقليص حجم الأخطار ، حيث تركّب المنشآت على روافع نقّاليّة «جاكات» ، لضبط تفاوتات الهبوط ، وإعادة الأمر الى وضع الإستقرار المتوازن . كما يمكن تسليح وربط المنشآت ، بما يتوافق مع متطلّبات تجنّب الهبوطات الخطرة ، الضارّة بمتانة المنشأة . ينبغي ضمن هذه الظروف ، الإمتناع عن استخدام عناصر الإكساء الهشّة ، كما ينبغي اختيار العناصر المكوّنة لشبكة المرافق العامّة ، والممتدة ضمن أرض الموقع ، من تلك المتّصفة بالمرونة . يعدُّ استخدام البلاطات الصلدة مزدوجة التسليح ، كعناصر تأسيسيّة ، من الأمور المكلفة ، لذا لا تستخدم إلا في المنشآت الهامّة والهامّة جداً . تتوقّف كافّة الحركات ، حال مرور الموجة ، واجتيازها لحدود المنشأة ، وبالتالي فإنّ بعضاً من التأثيرات المشاهدة على المبنى ، لا تلبث أن تتلاشى .

ـ 1.5.2.13 : لا تقتصر تأثيرات الإنخساف التعديني ، على تلك المؤثّرة على الأبنية بشكل مباشر ، بل تتعدّى ذلك أيضاً ، لتسبّب حركات أخرى ، من شأنها إعاقة الإنسياب الطبيعي لشبكة مياه المجاري ، وإرباك الظروف الطبيعيّة ، التي تكون عليها المياه الجوفيّة . يمكن للخبير عادة ، التنبؤ بطبيعة الحركة السطحيّة المحتملة ، والناشئة عن الإنخساف الحاصل في باطن الأرض . تزيد حفريات استخراج الفحم ، المنفّذة في نفس الوقت ، أو في وقت لاحق ؛ الأمور تعقيداً ، كما يساهم تواجد الصدوع الجيولوجيّة ، إلى القرب من مكان تواجد المبنى؛ في تفاقم الحركة ، وجعلها أكثر خطورة . تصل مسافة الإنخساف الشاقولي عند السطح ، إلى عدّة مئات من المليمترات .

ـ 1.5.2.14 : يعدُّ من المستحيل عمليّاً ، القضاء قضاء مبرماً ، على كافّة الأخطار الناجمة عن حفريات تقام في جوف التربة ، وبالتالي تجنّب تأثيراتها على المبنى . إنّ كل ما نستطيع عمله ، هو اختيار الحلّ الأمثل ، من ضمن مجموعة من الإحترازات المتاحة ، والتي بمقدورها تقليص حجم الأخطار وتأثيراتها إلى حدِّها الأدنى ، مع مراعاة الناحية الإقتصادية .

- **حركة التربة الناجمة عن أسباب شتى :**

ـ 1.5.2.15 : جيشان التربة الناجم عن أسباب تتعدّى ما تسبِّبه المياه ، هي واحدة من الحركات الأخرى ، التي تعدُّ أقلَّ أهميّة من تلك الحركات الناجمة عن أسباب نوِّه عنها آنفاً . يمكن أن تنشأ هذه الحركة ، على أثر دقِّ أوتاد في التربة ، أو نتيجة لحصول حركة ضمن المنطقة الواقعة اسفل الحفريّة ، ناشئة عن قصور التربة وعجزها عن تحمُّل إجهادات القص . تترافق الحركة هذه عادة ، بهبوط متجانس لأطراف التربة الخارجيّة ، وهو هبوط يحدث أيضاً ، إن سمح لجوانب الحفريّة ، بالتحرُّك نحو الداخل ، أنظر الشكل (13 ـ 1) ، يسبب تعرُّض التربة للإهتزاز، تراص جزئيات التربة الرمليّة ، أو المكوَّنة من الحصى الرملي ، خصوصاً إن كانت تلك الجزئيات ، في حالة سائبة ، أو إذا كان تردُّد الموجة الإهتزازية المعرّضة لها التربة ، يتراوح ما بين (2500 ـ 500) سايكل في الدقيقة ، أي ما يعادل حوالي (40 ـ 8) هرتز .

هوامش الفصل الأول

١ ـ **جلمود** : كتلة صخرية هذّبت واستدارت بالبلىٰ وقطرها يزيد علىٰ (255m.m) .

2 ـ **غرين أو طمي** : كسارة أو حتات صخري أو معدني في التربة ، يتراوح حجم حبيبته بين (0.05m.m و0.002m.m) ، أي أدق من الرمل الدقيق وأغلظ من الصلصال الغليظ . كما يمكن أن يدل على راسب يحمله الماء ويرسّبه .

ــ **التربة الغرينية أو الطميية** : هي تربة تحتوي علىٰ الأقل علىٰ (80٪) غريناً وأقل من (12٪) صلصالاً .

3 ـ **صلصال** : مادة ترابية طبيعية دقيقة الحبيبات ، تصير لدنة القوام عند خلطها بكمية محدودة من الماء ، وتتركب أساساً من السليكا والألمينا والماء ، وغالباً ما يخالطها الحديد والقلويات والقلويات الأرضية .

4 ـ **زاوية الاحتكاك الداخلية**: وهي الزاوية المحصورة ما بين الأفق ومستوى تماس جسمين، عندما يوشك الجسم الأعلى أن ينزلق على الأسفل.

5 ـ **تماسك أو تصلُّب أو تلزُّز** : عملية تتحوَّل بها التربة أو التراب السائب أو الرخو أو السائل إلىٰ حالة متماسكة وقاسية .

ــ **تماسك أو تصلُّب أو تلزُّز التربة** : هو تهيُّؤ التربة المشبعة أو تعدُّلها ، كردٍّ فعل لازدياد الحمولة فوقها ، حيث يؤدي الأمر إلىٰ طرد الماء من مسامِّها ، ونقص للنسبة الفراغية فيها .

6 ـ **رضم أو رص** : زيادة الكثافة الجافّة لمادة حبيبية وخاصة التربة ، بوسيلة الصدم أو بواسطة تسوية وتمهيد الطبقات السطحية .

7 ـ **الغطاء الصخري** : تربة متفكّكة أو رمل أو حصىً سائب يعلو صخر الأساس .

8 ـ **ضغط سكوني ـ سائلي** : الضغط في نقطة من مائع ساكن والذي يسبّبه وزن السائل فوقها .

9 ـ **الفعل الشعري** : الفعل الذي يجعل سطح سائل يرتفع عند مكان تماسِّه مع جسم صلب أو ينخفض ، وذلك بسبب التجاذب النسبي بين جزيئات السائل فيما بينها ، وبينها وبين جزيئات الجسم .

10 ـ **الطفويّة** : القوّة المحصِّلة الرأسية التي يؤثّر بها مائع ساكن علىٰ جسم ما ، عندما يكون الجسم مغموراً في الماء أو طافياً عليه .

١١ ـ **حصيرة أساسات** : أساسات علىٰ هيئة فرشة واحدة متواصلة تكوِّن أرضيّة لبنىً بأكملها .

12 ـ **معادلة بوسينسك** : علاقة تستعمل لحساب تأثير حمل مركّز على تراب ردم خلف جدار حاجز .

13 ـ **اختبار الإختراق** : اختبار لتعيين القيم النسبيّة لكثافة رمل أو طمي غير متماسك عند قاع ثقوب الحفر .

14 ـ **اختبار تحميل الصفيحة موضعياً** : طريقة قديمة لتقدير سعة تحميل نوع من التربة ، بوضع صفيحة فولاذية مساحتها حوالي قدم مربع في مستوي الأساس ، ومن ثمَّ تحميلها الى أن تغوص ضمن التربة .

15 ـ **انتفاخ** : ازدياد في حجم التربة عندما تزال من الطبقة التي كانت فيها ، وذلك بسبب زيادة نسبة الفراغات .

تربة منتفخة : تربة متمدِّدة نتيجة تعرُّضها للبلل .

16 ـ **مستوي طباقي** : مستو يفصل بين طبقتين مفردتين من الصخور الرسوبية أو الطباقية .

17 ـ **عِرْق** : طبقة فحم أو معدن آخر أو طبقة رقيقة من الصخور .

18 ـ **نظام الواجهات الطويلة** : نظام تعديني تتقدَّم فيه الواجهات التعدينية من ناحية المدخل البئري نحو الحدود ، مع السماح للسقف بأن يتقوَّس مع تقدُّم العمال والعمل .

19 ـ **زاوية السحب** : هي الزاوية التي تحدِّد المسافة الأفقية التي يمتد عبرها الهبوط السقفي فوق السطح ، بعيداً عن واجهة التعدين .

20 ـ **إطار مفصلي** : منشأ يسمح بالحركة النسبية بين أجزائه ، ويتم ذلك غالباً عن طريق وصلة أو وصلات مفصلية أو منزلقة .

الفصل الثاني
تكنولوجيا التربة

ـــ 0 . 2 : المقدمة :

اهتمَّ الفصل الأوَّل من هذا الكتاب ، بدراسة السلوك النظري للتربة . لذا سنناقش في هذا الفصل إن شاء الله ، أنواع التربة الشائعة . سنتناول عند دراسة كل نوع من أنواع التربة ، معلومات شتى ، تتضمن خصائص التربة موضوع الدراسة ، كيفية تحديد تلك الخصائص عن طريق اجراءات واختبارات سبر التربة ، وكيفية تلطيف وتعديل الخصائص ، عن طريق اجراءات التقنية التُرَبيّة ، أو العمل على وقايتها ، مستخدمين في ذلك النهج الإنشائي .

ـ 1 . 2 : الأنواع الشائعة للتربة وأنماطها السلوكية على النطاق العملي :

ـ 2.1.0.01 : نبين من خلال هذه الدراسة ، بعضاً من الخصائص التي تتصف بها أنواع شائعة من التربة . يمكن عادة استكمال عملية تقييم التربة ، وبيان ماهيّتها ومواصفاتها وخصائصها الأولية ، من خلال تجارب حقلية بسيطة ، كما هو موضح في اللوحة (1 ـ 2) .

ـ 1 . 1 . 2 : التربة الصخرية :

ـ 2.1.1.01 : التربة الصخرية الصلدة ، هي عادة مادة كفؤ ، تصلح للتأسيس عليها ، نتيجة قدرتها الفائقة على تلقي الحمولات ، وضآلة مسافة هبوط الجزء الواقع منها تحت تأثير الحمولة المطبقة . خير أنواع التربة الصخرية ، هي تربة الصخور النارية ، كالبازلت والغرانيت ، وهي صخور تشكلت من جراء

اللوحة (١-2): تستعرض اللوحة هوية أيٍّ تربة؛ ومجموعة خصائصها النوعية.

نوعية التربة	التحديد الميداني لهوية التربة	التقييم الميداني لبنية ومقاومة التربة
التربة المبحصة	● تتراوح أبعاد حبيبات تربة كهذه ما بين (76.2mm-2.36mm)؛ بمعنى أن منخل قطر فتحته (2.36mm) قادر على الإحتفاظ بكامل حبيبات تربة كهذه. ● نستدل من المقاومة الجافة، على امكانية احتواء تربة كهذه، على مواد غضارية.	سائبة ـ يمكن نقلها بسهولة بواسطة الرفش العادي. يمكن دق خوازيق بقطر (50mm)، وتثبيتها جيداً ضمن تربة كهذه.
التربة الرملية	● تمر كامل حبيبات التربية من منخل قطر كل فتحة من فتحاته (2.36mm)؛ بينما تستبقى كامل حبيبات التربة ضمن منخل قطر كل فتحة من فتحاته (0.075mm). ● عندما تجف الرمال النقية تتحطم بالكامل. ● يمكن رؤية وتمييز الذرات المستقلة بالعين المجردة وتحسسها بالأصابع.	مدمّجة ـ تحتاج الى أداة نقر لحفرها؛ ولا يمكن للأوتاد والخوازيق اختراقها الى مسافة تزيد عن بضعة انشات.
التربة الغرينية	● تمر كامل حبيبات تربة كهذه من منخل فتحته (0.075mm). ● لا يمكن عادة تمييز جسيمات تربة كهذه بالعين المجردة. ● تربة كهذه عادة، ذات طبيعة خشنة قليلا؛ إذ يمكن تشكيل قطعها الرطبة بالأصابع، ولكن لا يمكن ترقيقها الى ما يشبه الأكبال دائرية المقطع. ● يؤدي التقاط قطعة رطبة صغيرة منها، وهزها براحة اليد؛ الى انبجاس المياه وطفوه على السطح. ● يجف الغرين بسرعة متحولا بسهولة تامة الى مسحوق ناعم «ذرور».	ناعم يمكن تشكيلها بسهولة وبأصابع اليد. مدمج ومتين ـ يمكن تشكيلها إن ضُغط بالأصابع عليها بشكل قوي.

نوعية التربة	التحديد الميداني لهوية التربة	التقييم الميداني لبنية ومقاومة التربة
التربة الغضارية	● ملساء ولدنة الملمس (مطواعة). لزجة عند ترطيبها؛ متماسكة عندما تكون جافة. تلين القطع المبتلة والمغمورة بالماء منها وتضعف، إلا انها لا تنحل فيه ولا تتفسخ. ● تبدو التربة الغضارية الناعمة متسقة البنية، أو على شكل صفائح رقيقة منضدة أفقيا. ● غالبا ما تكثر الصدوع في التربة الغضارية الأكثر صلابة، حيث تتفتح الشقوق قليلا، عندما يزال الغطاء الصخري؛ أو تظهر عيانا، عندما يكشف السطح الشاقولي، نتيجة مباشرة أعمال سبر التربة، وانجاز حفر الاختبار.	● شديد النعومة منها؛ تتفصد متخلخلة أصابع اليد، إن حاول المتلقف لها، ضم جزيئاتها ما بين راحة اليد والأصابع. ● يسهل تشكيل الناعم منها بأصابع اليد. ● يمكن تشكيل المتين منها، بالضغط بالقوة عليها، بأصابع اليد. ● لا يمكن بأصابع اليد، تشكيل الجاسىء منها. ● تتصف التربة الغضارية القاسية بالقصافة (سرعة التحطم)، وباللزوجة.
التربة الخثية	● ليفي البنية وذي لون داكن (أسود أو بني اللون). ● غالبا ما تكون لها رائحة مميزة. ● عالية القابلية للانضغاط، وذات قدرة عالية على احتباس المياه.	● الناعم منها ذي قابلية عالية للانضغاط، وذات بنية اسفنجية القوام (كثيرة المسامات). ● أما المتين منها فيكون مدمجا متراص الجزيئات.
التربة الطبشورية	● ذات لون أبيض. يسهل تحديد هويتها، وبالتالي التعرف عليها.	● تتصف اللدنة منها، بأنها ذات جزيئات مبعثرة، رطبة الملمس، وذات قابلية ضئيلة للانضغاط، بمعنى انها سهلة التفتت. ● أما المصمتة منها، فيحتاج نقلها أو إزالتها، الى اداة ذات رأس مستدق.
التربة الردمية	● تحوي على مواد شتى: منها: الدبش «قطع غير مصقولة من كسارة الحجارة»؛ مواد لا عضوية، نفايات، وخشب متفسخ.	

ملاحظة: يمكن أن يكون من المفيد في حالة التربة الغضارية؛ استخدام المِقْوام الجيبي، في تحديد خصائص بنية ومقاومة التربة.

تصلب المادة المصهورة . هناك أيضاً الصخور التحوُّلية ، وهي عبارة عن مواد بركانية أو رسوبية ، تم تحويل خصائصها ، من خلال تعريضها للضغط أو الحرارة . تشمل الصخور التحولية : صخر النايس[1] (وهو صخر يماثل في مقاومته الصخور النارية) ، الصخور الإردوازية ، صخور الشيست ، والطِّفل الصفحي القاسي ، وهي صخور تحوي صدوعاً ومستويات طباقيّة[2] صريحة ، اضافة الى قدرتها المنخفضة نسبياً على تلقي الحمولات . وأخيراً هناك الصخور الرسوبية وتتضمن الصخور الطباقية[3] الصلدة ، والصخور المتشكلة عن تراص المواد الرسوبية المؤلفة أساساً من مواد مُفَتّتة* من اخرى ، نتيجة تعرُّض الثانية لعوامل التعرية ، وتشمل الطِّفل الصفحي[4] ، الأحجار الطينية[5] ، الفحم ، الطبشور ،

أحجار الكلس ، والأحجار الرملية . تتصرف التربة الصخرية الأكثر نعومة ، تصرُّف التربة العادية غير المتماسكة . تملك أحجار الكلس المصمتة ذات الطبقات المتماسكة ، والأحجار الرملية القاسية ، قدرة عالية على تلقي الحمولات . إلا أن هناك أنواع مؤلّفة من اندماج طبقات أكثر رقة ، وهي أنواع تتحدد مقاومتها ، بناء على حجم المادة الناعمة المتواجدة ما بين الطبقات[٤] ، والناشئة عن تحلل الأجساد البشرية . هذا ، ومن الملاحظ ، أن هناك فرص لتشكل ثقوب الإزدراد ، الكهوف ، أو الصدوع العميقة ، ضمن التربة الحاوية على الأحجار الكلسية وأحجار الطبشور ، انظر الفقرة (07 . 2 . 5 . 1) .

ـ 2.1.1.02 : تتضاءل بشكل كبير ، قدرة كافة أنواع التربة الصخرية ، على تلقي الحمولات ، إن هي تحللت الى عناصرها الأولية ، أو تعرضت لاندفاعات تحطمية ، نتيجة حركات أرضية أو انخفاضات فجائية ، انظر الفقرة (06 . 2 . 5 . 1) . لا علاقة في الواقع ، تربط ما بين مقاومة القطع الصخرية الصغيرة ، ذات البنية المتجانسة ؛ للحمولات المطبقة ، وبين مقاومتها وهي ضمن ما يحيط بها داخل التربة الصخرية ، إذ تعتمد مقاومة الأخيرة للحمولات ، على ما تختص به من معالم ، كأن تكون التربة الصخرية طباقية ، تفلقية[٧] ، مفصلية[٨] ، صدعية[٩] وذات شقوق[١٠] . كما تعتمد مقاومة التربة الصخرية للحمولات ، على توفر احتمالات تعرضها لأي من عوامل التعرية ، أو لتوفر عوامل تساعد على ترسب مجموعة من المواد الاخرى ، وتجمُّعها الى بنية التربة الصخرية . إن ما ذكر آنفاً ، يظهر جلياً مع الصخور الرسوبية والتحولية . يمكن ان يحدث تدفُّقاً وافراً للمياه الجوفية ، عبر بعض الصخور الصدعية . إذا كانت الحمولة المنقولة الى الأساسات ، حمولة ضخمة أو مركّزة ، فإنَّ الأهمية تؤول للمقاومة الفعالة للصخر الطباقي . كما أن الأمر سيحتاج الى استشارة جيولوجي مختص ، إن تواجدت التربة ضمن منطقة معرضة لأخطار الزلازل ، وللمشاكل الناشئة عن استخراج المعادن من باطن الأرض .

* : يمكن ان يكون فعل التجوية (التعرية) ؛ المتمثل بتحلل الصخور وتحولها الى صخور مفتتة ، قد تم منذ زمن سحيق ، وبالتالي يمكن للمواد المتخلفة عن عملية التعرية ، ان تكون مدفونة عميقا ضمن التربة . كما يمكن أيضا ، ان نجد لظروف واحوال المياه الجوفية ؛ تأثير كبير على تعميق تأثير فعل التعرية في الصخور .

ـ 2 . 1 . 2 : تربة البحص والرمل :

ـ 2.1.2.01 : يشكل البحص والرمل ، العنصرين الأساسيين للتربة السائبة . تمثّل قوى الاحتكاك؛ مقاومة التربة لإجهادات القص . تعتمد الخصائص الإنشائية ، على مدى إحكام تراص التربة «الكثافة» ، والتي يمكن أن تتضاءل بوجود الماء . يكتسب مقدار ضغط المِحْمَل[11] المسموح به ، أهمية تزيد عن أهمية مقاومة التربة ، في تحديد مدى هبوط أي تربة مؤلفة من خليط من البحص والرمل ، عدا التربة الرملية السائبة ، المشاد عليها أساسات سطحية وضيّقة ، واقعة عند منسوب المياه الجوفية ، أو الى الأسفل منها ، انظر ذيل الفقرة (01. 3 . 4 . 1) . تتعرض التربة لهبوط بسيط عادة ، فور تلقيها للحمولات المقررة . تتراص التربة الرملية السائبة وتفقد ثباتها ، تحت تأثير الصدمات والاهتزازات بمختلف أنواعها ، مما يحوِّل التربة الرملية ، في حال وجود الماء ، الى تربة رملية ليِّنة . تتميز أمثال التربة هذه بنفوذيتها العالية ، وبتعرُّضها لمشاكل النز ، ولمشاكل ما يسمى بالفجوات الأنبوبية[12] ، كما تتعرض التربة الرملية الناعمة ، للجيشان الناشيء عن التجمد من خلال ما يسمى بالفعل الشعري[13] . تحافظ زوايا انحدار التربة الجافة السائبة على ثباتها ، إن لم يتجاوز مقدار زاوية الإنحدار ، القيمة التي عليها زاوية الإرتكاز[14] ، والتي تساوي تقريباً ، زاوية الاحتكاك الداخلي في الحالة السائبة .

ـ 3 . 1 . 2 : الطبشور والحجر الكلسي :

ـ 2.1.3.01 : الطبشور ، وبشكل خاص الهياكل العظميّة الكلسية للأحياء الدقيقة وشظايا وكسرات القواقع ، هي التي تشكل بمجموعها ما يسمى بالحجر الكلسي ، والذي يتعرض لمشاكل مشابهة لمشاكل التربة الحاوية على فجوات الإزدراد . تتراوح بنية الطبشور ، وفقاً لدرجة ما تتعرض له من عوامل التعرية ، من بنية ناعمة سهلة التفتت ، تشابه بقوامها قوام العجينة الرخوة ، الى بنية قاسية ، تشابه بنية الصخر الطباقي المصمت . تساعد بنية الطبشور الخلوية ، على حجز الماء والاحتفاظ به داخل فجواتها ، مما يجعله سهل

التحطُّم ، ويجعل منه مادة لينة ، إن هو تعرض لطقس قارس البرودة . كما ان للاضطرابات الميكانيكية والمائية ، تأثير كبير على بنية مادة الطبشور . حتى في أحسن الأحوال ، لا يمكن الركون الى قدرة مادة الطبشور على تلقي الحمولات ، خصوصاً إذا قورنت قدرتها هذه ، بقدرة معظم أنواع التربة الصخرية . تتعرض التربة الكلسية الحاوية على مادة الطبشور ، لهبوطات خطرة ، كما أن من الواجب ، اتخاذ احتياطات مناسبة ، في حال الرغبة في انشاء أساسات على مادة كهذه ، مهيأة للتأثر بعوامل التعرية ، أو معرضة مستقبلاً وبالتدريج للتلف وفساد البنية .

ــ 2.1.3.02 : تحتاج التربة المؤلفة أساساً من مادة الطبشور الى معالجة جادة ، إن كانت الرغبة متجهة نحو جعلها صالحة للتأسيس عليها . نعتمد في تحديد خصائص التربة الطبشورية ، على نتائج التجارب المخبرية الدقيقة ، أو التجارب المجراة على أرض الموقع . يمكن ان تسبب عملية غرز الأوتاد ، سلسلة من المشاكل المؤدية الى إضعاف بنية مادة الطبشور. تتميز الأحجار الكلسية عموماً ، بأنها أكثر صلابة وأقل تأثراً بعوامل التعرية وتغيرات الطقس ، الى درجة أن استخدامها كتربة للتأسيس ، يجنبنا العديد من المشاكل المرافقة للتربة الطبشورية المستخدمة لأغراض التأسيس عليها . إن مجموعة الأحجار الكلسية الطباقية ، المؤلفة من تجمُّع طبقات رقيقة ، هي واحدة من أكثر أنواع الأحجار الكلسية ضعفاً . هناك نوع آخر من الأحجار الكلسية يدعى «طوفة أو لبيدة»[15] ، وهو عبارة عن كتلة من كربونات الكالسيوم اسفنجية القوام ، تجمعت جزئياته بشكل عشوائي . تتعزز قوة الحجر الكلسي هذا ، عندما تتلاصق جزيئاته وتتماسك ، إلا أنه يبقى من الأحجار الكلسية سهلة التفتُّت .

ــ 4 . 1 . 2 : الفحم :

ــ 2.1.4.01 : الفحم هو أحد الصخور اللينة ، المتشكلة من جراء تصلُّب البقايا النباتية . نادراً ما توضع الأساسات مباشرة فوق طبقة فحمية ، إذ أن درجة تحملها للضغط منخفضة نسبياً .

ـ 2 . 1 . 5 : الصلصال أو الطفل :

ـ 2.1.5.01 : لقد تمّت مناقشة خصائص الصلصال في الفصل الأول . تعدُّ مادة الصلصال بطبيعتها ، مادة كتيمة نسبياً ، تهبط ببطء عند تلقي الحمولات ، ومتماسكة مع إهمال لما تظهره من مقاومة تجاه قوى القص الاحتكاكية . نتيجة توفُّر الامكانية لانتقال الإجهاد من خلال التربة الصلصالية ، فإن التربة الصلصالية ، تكون معرَّضة لظاهرتي الانكماش والانتفاخ ، انظر الفقرة (02 . 1 . 5 . 1) . كما يمكن لها ان تسيح ، لتشكل سطحاً جانبياً منحدراً ، انظر الفقرة (06 . 2 . 5 . 1) . إن وجود فواصل أو مواد اخرى مغايرة لمادة الصلصال ، داخل تركيبة المادة الغضارية ، ووجود الصدوع ضمن التربة الغضارية ، وكذلك تواجد الجذور النباتية الصغيرة ؛ كلٌّ ذلك يجعل من التربة الغضارية ، تربة نازّة عموماً ، تسمح بتسيُّل المياه ، وبالتالي تسبِّب تلينُ التربة وإضعافها من وجوه عدّة . هذا ، ونتيجة لضعف مقاومة التربة الغضارية لقوى وإجهادات القص ، فإنّها كتربة تصبح معرَّضة للإنزلاقات الدورانية ، وللجيشانات أثناء تنفيذ أعمال الحفر عليها . يُنْظَر عند حساب مدى قدرة تربة صلصالية ما على التحمُّل ، الى مقدار مقاومة التربة للحمولة ، والى مدى امتداد مسافة الهبوط المحتملة . تحوِي التربة الصلصالية ضمن تركيبتها على الكبريتات ، وهي عادة مركّبات تهاجم البيتون الحاوي على الاسمنت البورتلاندي ، وتؤدي الى تعزيز امكانية تأكسد فلزات الحديد ثنائية التكافؤ ، المدفونة ضمن المقطع البيتوني .

ـ 2.1.5.02 : يتزايد تصلُّب الراسب الطيني الأصلي الناعم، طرداً مع تزايد الضغط السفلي ، ليتحول الصلصال اللزج الى حجر طيني أو طَفْل صفحي . يمكن أن يتخذ الحجر الطيني شكل كتلة طباقية مصمتة أو صفائحية ، كما هو الحال في الطَّفل الصفحي ، الحاوي على كمية من الطمي . تتدهور مواصفات المواد هذه وتفسد ، إن هي تعرضت لعوامل التعرية وتقلُّبات الطقس ، كما أنها تتحول الى مادة ليِّنة ، إن لامست الماء . يتحول الطَّفْل الصفحي المعرَّض لضغط مديد أو حرارة عالية ، الى صخر حقيقي (الطَّفْل القاسي أو الإردواز) .

تنزلق صخور الطَّفْل القاسي والصخور الإردوازية المتواجدة ضمن طبقة منحدرة ، بسبب تكوُّن تلك الصخور من تجمُّع صفائح رقيقة .

ــ 2.1.5.03 : أهم أنواع التربة الصلصالية ، هي التي تراعى فيها معقولية نسبة القساوة[16] الى الصلادة[17] ، كالصخور الصلصالية الضخمة ، والتي تحوي على أحجار غشم متخلِّفة عن المرل[18] .

ــ 2.1.5.04 : تدعى الصخور الصلصالية القاسية ذات الصدوع ، والتي تعرَّضت لضغوط ضخمة خلال تاريخها الجيولوجي ، بالصخور مسبقة التماسك أو تامة التماسك . بينما تدعى بقية أنواع التربة الصلصالية ، بالتربة نظامية التماسك . يؤدي ارتفاع درجة تماسك الصخر الصلصالي ، الى انخفاض قابليته للإنضغاط ، وبالتالي الى تدني مقدار عامل التخفيض الجيولوجي (µ) المرتبط واقعياً بتجارب التراص المخبرية ، انظر الفقرة (04 . 3 ، 4 . 1) . إلا أن بعض أنواع الصلصال اللين ، يكون ذو حساسية عالية ، أي بمعنى أنه يبدي استعداداً للتخلي عن معظم قدرته على مقاومة قوى القص ، إن بُعْثِرَت بنيته . تعرّف الحساسية بأنها نسبة الترابط اللازمة لإعادة صياغة مقاومة القص .

ــ 2.1.5.05 : يحوي الصلصال على مادة عضوية ، أو تتخلَّله وريقات عضوية قابلة للانضغاط . يتميز الصلصال الطمبي[19] ، بإطِّراد تماسكه ، مما يكسبه زيادة ملحوظة في القدرة على مقاومة إجهادات القص ، طرداً مع عمق تواجده ضمن التربة ، بالمقارنة مع الصلصال مسبق التماسك . يمكن للمتر العلوي من الصلصال الغريني ، أن يجف ، متحوِّلاً الى قشرة سطحية قاسية . تتلينَّ كافة أنواع المواد الصلصالية «الغضارية» ، إن اضطربت بنيتها ، أو أصابها الماء . كما يمكن أن تتحطم الى ذرات دقيقة ، إن سُمِحَ لها أن تجفَّ تماماً . يمكن للمادة الصلصالية المكتنزة والصلبة ، الوقوف مائلة على مقاطع الجروف شديدة الانحدار ، لفترات محدودة ، وذلك لما تتميز به جزيئاتها من خواص تدعوها الى التلاحم والتماسك . ينهار ثبات الكتل الصلصالية في آخر الأمر ، متأثِّرة بعوامل التعرية ، [انظر ايضاً الفقرتين (0 5 . 2 . 5 . 1)، (15 . 2 . 5 . 1)] .

ـ 2.1.5.06 : «المرل» هو الإسم الشائع للصلصال الجيري والطُّفال[20] ، أي للمواد الحاوية على كربونات الكالسيوم . «المرل الكوبيري»[21] ، هو مادة مفرطة التماسك ، شديدة القوة ، ما دامت بعيدة عن تأثيرات عوامل التعرية . تُلاحَظْ على كتلة المرل الكوبيري ، صدوع عميقة الغور . يمكن أن يتحوَّل المرل الى كتلة ليِّنة ، إن عُبِثَ ببنيته أو أصابه الماء . تتكوَّن الأحجار الصلصالية[22] ، من تحجُّر بقايا الكائنات الحية . تشكِّل كربونات الكالسيوم ، اللاصق الطبيعي الذي يربط ما بين البقايا المتحجِّرة. تتواجد الأحجار الصلصالية، على شكل كتل ضخمة للغاية.

ـ 6 . 1 . 2 : المواد الغرينية «الطمي» :

ـ 2.1.6.01 : تتوسَّط مواصفات وخصائص المواد الغرينية، مواصفات وخصائص كل من المواد الرملية من جهة والمواد الصلصالية من جهة اخرى . يتَّصف الغرين بأنَّه مادة متماسكة واحتكاكية (لا متماسكة) في نفس الوقت . تدعى الرواسب التي تعصف بها الريح فتذروها ، بالرواسب الطفالية (طيس)[23] . بينما تدعى الرواسب الغرينية الحاوية على مادة عضوية «بالغرين العضوي» ، وهي مادة رخوة ، شديدة الليونة .

ـ 2.1.6.02 : الغرينات مواد يصعب التأسيس عليها ، فهي تحمل في بنيتها ، بعضاً من أسوأ خصائص كل من الرمل والصلصال . تعتبر الغرينات من المواد المستجيبة لظاهرة الجيشان التجمُّدي . تحتفظ الغرينات الرخوة (الجليدية والطمية) بالماء ، إلا أنها وعند اجراء الحفريات ، تكون معرَّضة للجيشان ، ومن ثم الى ما يسمى بالغليان[24] . إن المواد الغرينية المترسِّبة بفعل الرياح ، هي مواد أكثر صلاحية للتأسيس عليها ، على الرغم من أن المبنى المشاد عليها ، سيكون عرضة لأخطار الانهيار الإنشائي ، المتأتي من فعل المياه بها . تعدُّ المواد الغرينية السائبة أو الرخوة ، بالمقارنة مع المواد الصلصالية الرخوة ، هي الأسوأ من ناحية الصلاحية للتأسيس عليها . إن ما يدعى بالطُّفال الرملي ، ما هو إلا مزيج من مواد ثلاث ، متساوية الأحجام تقريباً ، هي : الرمل ، الصلصال ، والغرين .

ـــ 7 . 1 . 2 : الخث[25] أو الترب :

ـــ 2.1.7.01 : يعدُّ الخث أو التُرْب، المكوِّن الأساسي لشتى أنواع التربة العضوية . كما يمكن أن يتواجد مصحوباً بكميات متنوِّعة من المادة اللاعضوية (كالصلصال أو الغرين) . يتّصف الترب بالطراوة ، وبأنه مادة نباتية ذات ألياف ، شكّلتها النباتات المتفسخة . يتّصف الترب أيضاً برائحته المميزة . يمكن أن تصل سماكة تراكماته الى بضعة أمتار ، كما يمكن ان يظهر كطبقات ضمن المادة الطميية . إن قابلية التُرْب للإنضغاط عالية جداً ، وهو إجمالاً ، مادة غير صالحة لتلقي حمولة الأساسات . لهذا يلجأ المنفِّذون الى تجاوز طبقة التُرْب بوسائل عدَّة ، كأن تغرز الأوتاد ، وذلك بغية وضع الأساسات على طبقة كفؤ ، صالحة لتلقي الحمولات ، خصوصاً إن كان من الصعب إزالة طبقة التُرْب . إلاَّ أنَّ التُرْب عادة ، يتراص الى بعضه ، تحت وطأة وزنه الذاتي ، مما يسبِّب فقداناً متزايداً للتربة السطحية ، وبالتالي يعرِّض الأساسات في آخر الأمر ، لأن تصبح في العراء ، أو قريبة من منسوب سطح التربة العلوي . يتّصف التُرْب بقدرته على الإحتفاظ بالماء ، لهذا يتعرَّض لتقلّص هائل عند التجفاف ، وللانتفاخ ثانية عند الترطيب .

ـــ 8 . 1 . 2 : التربة السطحية :

ـــ 2.1.8.01 : يطلق عادة ، على التربة الزراعية السطحية الناعمة ، عبارة التربة السطحية ، وهي تعدُّ من مقوِّمات الحياة النباتية في إقليم ما . تتكوَّن التربة السطحية أساساً من مادة «الدبال»[26] ، التي هي بمثابة نتاج التفسُّخ الجزئي للمادة النباتية . لا تصلح التربة السطحية مطلقاً ، لأي من الأغراض الهندسية ، وهي تقشط عادة وتزال كلية من المساحات المعدة للبناء . يمكن لجذور الأشجار ان تخترق الأرض ، لتصل الى ما تحت طبقة التربة السطحية . هذا ، ومن الصعب عملياً إزالة الجذور القديمة بالكامل ، قبل بدء التنفيذ ، إلاَّ أنه ، وفي كل الأحوال ، لا يجوز وضع الأساسات ، على تربة تحوي كمية وافرة من جذور الأشجار .

ـ 2 . 1 . 9 : الردمية :

ـ 2.1.9.01 : الردميات أو التربة الصنعية ، هي عبارة عن رواسب أو تراكمات من المواد الطبيعية أو الصنعية ، العضوية واللاعضوية (كالدبش[27] ، التربة ، مخلَّفات المناجم أو النفايات الأخرى ، النفايات ، مواد الأبنية القديمة ، وغيرها من المواد التي يقوم الإنسان بتحريكها ونقلها من مكان الى آخر . تجري الدراسات في بعض الأحيان ، على أساس أنَّ المبنى مشاد فوق طبقة سميكة من المواد الردمية . تتحدد مواصفات وخصائص الردمية ، وفقاً لخصائص ومواصفات المواد المكوِّنة لها؛ لطريقة الردم ، ولدرجة التراص . يمكن ان تحوي الردمية ، على مواد تلقائية الاشتعال ، على مواد كيميائية ضارَّة بالأساسات ، أو أيّة مواد خطرة اخرى .

ـ 2.1.9.02 : لا يجوز إنشاء أبنية على تربة ردمية ، إن حوت تلك التربة ، على كمية وافرة من الصلصال الناعم ، على مواد قابلة للتحلُّل ، أو على مواد تعدُّ سبباً ، لحدوث إنهيارات لاحقة (كاحتواء الردمية مثلاً على أوعية قصديرية) . كما لا يجوز البناء على تربة ردمية ، إن كانت ستتحوَّل بتأثير فعل المياه ، الى تربة غير مستقرة . ينصبُّ الاهتمام في التربة الردمية ، على مسافة الهبوط بالدرجة الاولى ، وهي تسبق في الاعتبار ، مدى مقاومة التربة للحمولات . هذا ، وبسبب أنه من المتعذّر عادة ، بعد استكمال عملية الردم ، مواصلة رصِّ التربة ، الى أن تصل الى السماكة المطلوبة ، فإنَّه لا يجوز مطلقاً ، وضع مبنى أو منشأة على مواد ردمية ، ما لم نعلم تماماً ، ان التربة قد رصّت جيداً ، على طبقات رقيقة السماكة ، وذلك في بدء وأثناء تنفيذ أعمال الردم . كما لا يجوز ذلك ، إن لم تتخذ احتياطات ، وتوضع خطة مسبقة ، من شأنها معالجة أي خلل لاحق . يمكن وضع مبنى على تربة ردمية ، إن كانت مسافة الهبوط المحتملة لاحقاً ، ضمن الحدود المسموح بها إنشائياً . من الضروري عادة ، إعادة رصّ السطح العلوي لتربة الردمية ، قبل وضع الأساسات . كما قد نضطر أحياناً ، إلى إزالة المواد ، التي تُفْقِد التربة استقرارها .

ــ 2.1.9.03 : تُرَد هبوطات الأبنية المشادة على تربة ردمية الى ثلاثة أسباب :

تراص تربة الردمية تحت وطأة تطبيق الحمولة الانشائية ، انظر الفقرة (01 . 2 . 3 . 1) ، وتحت تأثير وزنها الذاتي ، وأيضاً تراص الطبقة التحتية للتربة ، تحت تأثير الحمولتين معاً . يتعمق تأثير السبب الأخير ، وفقاً لارتفاع تربة الردم ، ولمدى قدم الفترة التي أعقبت الانتهاء من عملية الردم . هذا ، وفي حال تكاثر المتغيرات ، تتزايد الحاجة الى نصيحة خبير مختص . يمكن القول ، استناداً الى الحساب التقريبي ، والملاحظة العملية ، ان تربة ردمية حسنة التراص ، هي تربة معرَّضة لهبوط تحت تأثير وزنها الذاتي ، مسافة لا تزيد نسبتها على مدى خمس سنوات ، عن (1٪) من سماكتها الاجمالية . هذا ، وتتعرض التربة الردمية في الواقع ، لهبوطات أقل ، تحت تأثير الحمولات؛ مما تتعرَّض لها العديد من أنواع التربة الطبيعية .

ــ 2.1.9.04 : نتيجة لتنوُّع درجة تراص التربة ، ولتعـدُّد خواصِّها، فإنَّ التجارب العادية المجراة على التربة ، وحتى تجارب تحميل الصفيحة ، انظر ذيل الفقرة (06 . 3 . 4 . 1) ، هي تجارب مشكوك بدقة نتائجها . يراعى استخدام أنواع المنشآت والأساسات ، الموافقة أو بالأحرى المقاومة للهبوطات ذات التباينات الضخمة . من هذه الأساسات الصالحة لذلك ، هناك الأساسات المستمرة ، المرتبطة بأجزاء المنشأة العليا ، بوصلات مسمارية ، أو موضعية ليِّنة . في الظروف السيِّئة ، تبقى هناك إمكانية لبناء منشأة ، فوق ردمية عميقة ، وذلك بدق أوتاد تتجاوز في عمقها ، سماكة الردمية . كما يمكن وضعها ، معلَّقة على أرضية التربة الأصلية .

ــ 2.1.9.05 : يمكن أن تفرض الظروف أحياناً ، إنشاء أساسات على ردمية جديدة . تراعى في حالة إنشاء أساسات على ردمية جديدة ، ذات الاعتبارات التي يتم مراعاتها في حال قدم عمر الردمية ، إذ يصار الى اختيار مادة الردمية ، واختيار الاسلوب المناسب لرضِّها ، كي ننفي امكانية الشك في سلوكها المستقبلي . تختار الردمية حبيبية القوام ، والمطابقة من الناحية العملية ، للنوعية

عالية الجودة .

ـ 2.1.9.06 : هناك ردميات اخرى ، يقوم بها المنفِّذ ، لملء المنطقة الواقعة تحت منسوب الأرض الطبيعية ، كالردميات ما بين الأساسات القديمة ، الأقبية والمرافق العامة . تتحكم بالحفريات الرئيسية ، كحفرية الأنفاق ؛ الظروف الخاصة ومتطلبات الأغراض المشادة من أجلها ، وكذلك التعليمات التي تصدرها الدوائر المختصة .

ـ 10 . 1 . 2 : ملاحظات عامة على سلوكية التربة :

ـ 2.1.10.01 : يمكن للتربة ، بما فيها التربة الردمية ، ان تحدث احتكاكاً سطحياً سالباً ، أو دفعاً نحو الأسفل ، تؤثِّر بها على جوانب الأساسات العميقة (كالأوتاد مثلاً) ، أو على جدران الأقبية ، وذلك إن أمكن لهذه التربة أن تتراص ، بعد إنشاء المبني عليها ، إما نتيجة وزنها الذاتي والحمولة السطحية ، أو نتيجة النهج الإنشائي المتَّبع . إن غطِّيت طبقة التربة الناعمة ، بسماكة كافية من تربة أكثر صلابة ، فإنَّ الاحتمالات المستقبلية ، لتزايد أخطار قصور التربة ، الواقعة تحت أيٍّ من أساسات المبنى ، تتناقص الى حدٍّ كبير ، إلاَّ أنَّ الوضع هذا ، قد يساهم في حدوث هبوطات ذات شأن [انظر ذيل الفقرة (01 . 2 . 4 . 1)] . إنَّ الإجراء آنف الذكر ، يمكن له في بعض الحالات ، تحسين خصائص ومواصفات التربة ، من خلال أعمال يتم تنفيذها مباشرة على أرض الموقع .

إنَّ لكل منطقة تربتها ، ولكلٍّ تربة أحوالها ، وهذه الأحوال ، تختلف عن بعضها البعض بشكل واضح وملحوظ ، لذا لا بدّ من استشارة اختصاصي في التربة المحلية ، كلَّما دعت الحاجة الى ذلك .

ـ 2 . 2 معاينة الموقع :

ـ 2.2.0.01 : يمكن عادة من خلال معاينة الموقع ، تحديد طريقة ترتيب طبقات التربة ، نوعيّتها ، وخصائصها المميِّزة . كما يمكن من خلالها أيضاً ، معرفة أحوال سطح الأرض الطبيعية ، التي يمكن لها أن تؤثِّر ، على

تصميم وإنشاء الأساسات والعناصر التأسيسية الأخرى . تُسْتَكْمَل أعمال التقصي هذه عادة ، من خلال تقرير يسمى تقرير التربة ، تبيّن فيه مدى معقولية تنفيذ مخططات المباني ، على أرض الموقع المقترح ، وتدوَّن ضمنه ، التعليمات العامة ، الملائمة لاسلوبي التصميم والإنشاء ، المشار إليهما ضمن مخططات المشروع .

ــ 1 . 2 . 2 تقييم اجراءات التقصي وسرد للتعليمات الناظمة لها :

ــ 2.2.1.01 : لا بدّ من تقييم الموقع ، قبل البدء بتنفيذ أيٍّ مشروع عليه . تشكِّل النظرة الأولية للموقع ، الحد الأدنى المطلوب ، على الرغم من أن معظم الحالات ، حتى البسيطة منها عادة ، تتطلب شكلاً من أشكال سبر التربة . تتحوَّل السبور الى مطلب لا غنى عنه ، في حال تكشّف المشروع عن تعقيدات ما ، أو كانت التربة ، ذات سلوكية خاصة . وعلى ذلك ، يعتمد التوسُّع في عدد ونوعية السبور ، على ضخامة المشروع من جهة ، وعلى الظروف المحيطة بالعمل من جهة اخرى . يكلف بهذه الاجراءات عادة ، اختصاصي بأحوال التربة .

ــ 2.2.1.02 : ينبغي ان لا تتعدَّى كلفة معاينة الموقع ، ما نسبته (1٪) من كلفة المشروع الإجمالية . هذا وتعدُّ اجراءات معاينة الموقع ، من الإجراءات الهامة ، إذ يمكن بها تقليص كلفة التصميم ، كما أنها تعدُّ واحدة من المعارف التي تدلُّنا على أحوال التربة ، والتي تقودنا الى الثقة باجراءات السلامة ، وبسلامة سلوكية المنشأة المقترحة . تساعد المعلومة هذه ايضاً ، في تحديد حجم المتطلَّبات والأخطار الناجمة عن الأعمال المنفَّذة على سطح الأرض ، بشكل أكثر دقة ، وتمنح المتعهد ثقة ، أثناء تقديم عروض الأسعار ، تفوق ما تستطيع أن تمنحه إيّاه ، أيٌّ طريقة متاحة اخرى . بهذه المعاينة ، نقلِّص مطالب المتعهِّد اللاحقة ، والناشئة عن ظهور أحوال للتربة غير متوقَّعة ، إن لم نقل نلغيها .

ــ 2.2.1.03 : يمكن أن يقودنا تقصي أحوال التربة ، الى نتائج خاطئة ، ما لم يدر الإجراءات ، ويحلِّل نتائجها ، خبير مختص . إذ فقط قطعة صغيرة جداً من التربة ، هي التي ستمثّل العيِّنة التي ستجرى عليها التجارب والاختبارات . كما أن نتائج التجربة بحد ذاتها ، يمكن لها أن تخدع وتضلِّل القائمين عليها ، ما لم يؤخذ في الحسبان ، أثناء اتّخاذ الإجراءات وتحليل النتائج ،

الأحوال الخاصة للتربة ، والظروف المحيطة بها ، والمعرّضة لتأثيراتها . عندما تتّخذ كافّة الإحتياطات الممكنة ، يبقى هناك خطر مصدره ، ملابسات جديدة ، لم تأت على ذكرها نتائج سبر التربة ، والتي غالباً ما تواجه المهندس ، أثناء قيامه بتنفيذ المشروع . نحتاج الى سبر جديد للتربة ، عند توقّع زيادة محسوسة في الحمولة المطبّقة على الأساسات المنفّذة ، وذلك يكون إمّا لتعرُّض التربة لتمدُّد باتجاه الأعلى ، أو بسبب تغيُّر في استخدامات المبنى .

ــ 2 . 2 . 2 الغاية من اجراءات تقصي الموقع ومؤهلات القائمين عليها :

يتخذ عدد محدّد من الإجراءات التمهيدية ، قبل القيام بأيّ عمل على أرض الموقع . تتضمّن تلك الإجراءات التمهيدية : معرفة السلطة المحلية والمراجع المخوّلة على الرد ، على أي استفسار يتعلّق بالتعليمات الناظمة لإجراءات سبر التربة ، مراجعة سبور التربة المنفّذة سابقاً على أرض الموقع أو قريباً منها ، ومراجعة نتائج سبر تربة الملكيّات المجاورة ومعاينة المباني المشادة عليها ، دراسة وتفهُّم دلالات مخطط المسح الطبوغرافي ، وأخيراً القيام بدراسة الخرائط الطبوغرافية للمنطقة ، بالتشاور مع مهندس جيولوجي مختص ، والإنتباه الى الملاحظات المدوّنة ضمنها ، بما فيها المعلومات التاريخية ، الصور الجوية ، أو بعض ما تشير اليه من أعمال حفر جوفية استثنائية ، كتلك التي تنفّذ مثلاً ، بغرض استخراج المعادن من باطن الأرض . يكتفى في حالات معينة عادة ، بتلك الخطوات ، خصوصاً إن كانت الأبنية المقترحة ، ذات وزن ذاتي خفيف ، وأشكال بسيطة .

ــ 2.2.2.02 : لكن وفي أحوال عديدة ، يفضّل المضي في اتّخاذ اجراءات اضافية ، من شأنها توضيح صورة الموقع بشكل أفضل . فعلى سبيل المثال ، قد يحتاج الأمر الى بضعة حفر تجريبية أو سبور ، تؤخذ منها عيّنات للتربة ، يتم اختبارها ، إما على أرض الموقع مباشرة ، أو ضمن مختبرات خاصة . يقوم بتنفيذ مثل هذه الأعمال ، شركات اختصاصية ، إلاّ أنّ قيادة العمل ، لا بدّ أن تكون بيد مهندس خبير ، تعهد إليه مسؤولية إعداد تقرير ، يتضمّن تواصيات ، تراعى عند التصميم ، وأثناء فترة التنفيذ . كما يعهد الى المهندس المختص هذا ، المصادقة على التصميم ، في وضعه النهائي ينظّم المهندس المختص

أيضاً ، التعليمات الناظمة لعطاءات سبر التربة ، وتقع عليه مسؤولية تحديد مواقع السبور ، والإشراف على حسن تنفيذها .

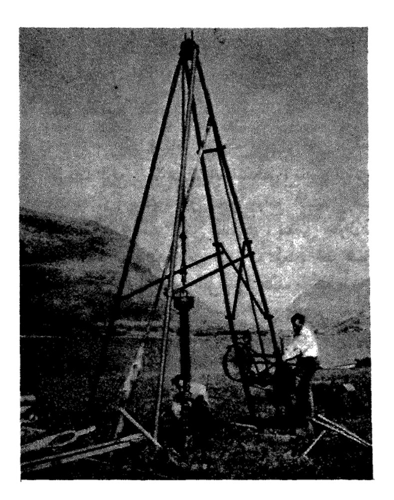
ـ 3 .2 .2 الحفر والسبور التجريبية :

ـ 2.2.3.01 : تحدّد المسافة المتروكة ما بين الحفر أو السبور ، وفقاً لأحوال التربة ولظروف الموقع . إلا أنّ المسافة المحصورة ما بين مراكزها ، تتراوح عادة ما بين (15m- 50m) ، منتشرة على كامل مواقع الأبنية . أشارت الفقرة (10 . 2 . 4 . 1) ، إلى هذا العمق الكلي المطلوب ، لتقصي أحوال تربة القاع ، إلاّ أنه من الناحية العمليّة ، لا يكون من المطلوب دوماً ، حفر سبور تصل إلى نهاية العمق المطلوب ، بل يكتفى بعمق أقل ، إن علمنا بوجود طبقة سفلى قاسية البنية ، وذات سماكة كافية .

ـ 2.2.3.02 : في الظروف الحسنة . ولأعماق تتراوح ما بين -3m) (4m ، تُعدُّ الحفر التجريبيّة ، أكثر قدرة على أداء المطلوب ، حيث أنّها أقدر من السبور ، على كشف خصائص وخبايا طبقة التأسيس . حتى عندما تنفّذ فتحات السبور ، تبقى بعض الحفر الفرديّة ، قادرة على أداء خدمات محدّدة ، كالتأكد من صحّة نتائج السبور ، وتقصي أحوال الأساسات المتواجدة أصلاً ، وغير ذلك من الأمور . يمكن عند الضرورة ، استخدام مثاقب الحفر اليدويّة ، لاختبار تربة قاع الحُفَر ، والتعرُّف على خواصّها .

ـ 2.2.3.03 : يستخدم في سبر التربة ، أسلوبين متميِّزين ، يُعنى أوّلهما بسبر التربة الليِّنة ، ويُسْتخدم لتحقيق ذلك ، آلات يدويّة أو ميكانيكيّة بسيطة ، كالمثقاب اللولبي أو أساليب التفريغ [28] ، أنظر الشكل (1 ـ 2) . تزوّد عند الضرورة ، الحواف الداخلية لحفر السبر المنفّذة ضمن تربة ليِّنة ، بأنابيب حماية وتثبيت فولاذيّة . يُعْنىٰ الأسلوب الثاني ، بسبر تربة ذات طبقات أكثر قساوة، كالتربة الحاوية على الحجر الطيني أو المرل القاسي، ويستخدم لتحقيق ذلك ، المثاقب الآليّة ، والآلات الدورانيّة .

ـ 2.2.3.04 : أيّاً كان الأسلوب المتّبع في سبر التربة ، فلا بدّ من



الشكل (٦ ـ 2) : يظهر الشكل آلة السبر الحديثة .

تنظيم جدول ، أنظر الشكل (2 ـ 2) ، تحدّد فيه طبيعة وهويّة العيِّنات المأخوذة ، إن جاز لنا التعبير ، وخطوات سير إجراءات اختبارها . كما تحدّد على الجدول طبيعة ومنسوب المياه الجوفيّة . تسجّل ضمن الجدول أيضاً ، الحالات المتضاربة ، بما فيها كافّة الغروز وشتّى حركات المياه الجوفيّة ، ونتائج أيِّ تجارب موضعيّة ، أجريت ضمن حفر السبور . ينبغي تصنيف العينات وترتيبها قدر الإمكان ، قبل إجراء الإختبارات عليها . تتطلّب إجراءات الاختبار ، حرصاً من القائمين عليها، وقدرة على استخدام التقنيات المناسبة. لا يمكن أخذ عيِّنات نموذجيّة من

تربة صلصاليّة حسّاسة ، وسريعة التأثّر بظروف محيطها . كما يصعب أخذ عيّنات من تربة سائبة ، وبالتالي لا يجوز إخضاع أمثال هاتين التربتين ، إلى التجارب الموضعيّة . تدعه العيّنات المأخوذة عن طريق المثقاب الدوّار ، بالعيّنات اللُّبيّة .

Contract Name TADLEY, ALDERMASTON — **Borehole No.** 2 — **Sheet** 1 **of** 3

Method of boring Shell and Auger — **Ground level**
Diameter 200 mm to 3.50 m; 150 mm to 25.0 m — **Start** 24.3.72 — **Finish** 27.3.72

Daily progress	Water levels	[illegible]	Samples	Depth (m)	Reduced level (m O.D.)	Thickness (m)	Description of Strata
				0.20		0.20	Topsoil
	24.3 ▽		B,U	1.25		1.05	Firm brown and grey clay with gravel
		N=74	B, B, U	2.90		1.65	Very dense sand with medium gravel
		N=12	J, U, J, B,J, J	6.40		3.50	Soft to firm orange brown fine sand and silt with laminations of green clayey silt
		N=24	B, J	8.75		2.35	Medium dense grey fine sand and silt
24.3	▽		U				[illegible] dark grey silty clay with laminations of sandy silt Contd.......

Notes ▽ Water struck. ▼ Morning water level. —— Casing depth, ---- Borehole depth

Terresearch Limited | **Report No.** 5.22/511 | **Appendix 1 Sheet** 3

الشكل (2 ـ 2) : يظهر الشكل الأسلوب النموذجي لتدوين المعلومات المتحصِّلة عن سبر التربة .

ـ 2.2.4 اختبارات التربة الموضعية والمخبرية :

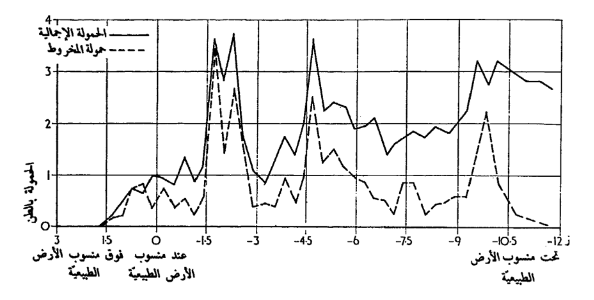
ـ 2.2.4.01 : تلخّص اللوحة (2-2) ، كافّة التجارب المستخدمه في معرفة خواص ومواصفات التربة ، دون الدخول في التفصيلات . وسنناقش فيما يلي ، بعضاً من هذه التجارب ذات الأهميّة .

اللوحة (2-2): تقدم اللوحة ملخصا للتجارب المجراة على أرض الواقع ؛ وتلك المجراة ضمن المختبرات المتخصصة

درجة التجربة	المقصد أو الغاية من التجربة	تسمية الاختبارات
1 ـ لتحديد هوية ونوعية التربة	تجارب تمهيدية ضرورية لانجاز اختبارات لاحقة	● المعاينة البصرية ● نخل التربة الجافة أو الرطبة ● تجربة التثفل.
2 ـ لتحديد الخصائص الفيزيائية الميكانيكية والكيميائية	لايجاد الخصائص المؤثرة على المقاومة؛ ولفهم سلوكية التربة تحت وطأة الحمولة، ولتتبع التفاعلات الكيميائية الناشئة عن ملامسة التربة للمواد المشاد منها الأبنية.	● تجارب واختبارات لتحديد: ● المحتوى الطبيعي من الرطوبة. ● حجم وكثافة الكتلة الجافة. ● قيم الكثافات الاعظمية والدنيا. ● تجارب التصنيف الكيميائي.
3 ـ لتحديد مقاومة التربة	لتحديد التصورات العامة والأساليب الواجب تبنيها في تصميم الأساسات ومنشآت حجز الأتربة	● تجربة اخضاع التربة لضغط غير مقيد. ● تجربة الضغط ذي المحاور الثلاث. ● تجربة الريشة الدوارة. ● تجربة الاختراق المعيارية. ● تجربة اختراق المخروط. ● تجربة الاختراق.
4 ـ لتحديد سلوكية التربة تحت وطأة حمولة أو اجهاد نوعي، ولتعيين مناحي تصرفاتها بمضي الزمن	لتحديد التصورات العامة لتصميم الأساسات للكشف عن درجة نفوذية التربة	● تجربة التماسك ● تجربة الضغط ذي المحاور الثلاث ● تجربة اختراق المخروط ● تجربة الاختراق ● تجربة الصفيحة الموضعية ● تجربة تحميل وتد بأبعاده التامة ● الرأس الثابت ● تجربة الاختراق ● الرأس الساقط ● تجربة الضخ
5 ـ لإنجاز سبور متممة بغية تحديد مدى استمرارية الطبقة	لتحديد التصورات العامة لأساليب تصميم الاساسات	● التجارب الجيوفيزيائية

ـ **التجارب الموضعية :**

ـ 2.2.4.02 : تشمل التجارب الموضعيّة أحياناً ، تجارب لتحديد محتوى التربة من الرطوبة ، تجارب المقاومة أو تحديد كثافة التربة (ويتم ذلك بواسطة غروز تتم بالريشة الدوّارة ، أو باستخدام أداة قياس الضغط ، أو اتباع أيٍّ طريقة من طرق الإختراق المتعدِّدة) ؛ تجارب الضخ ، وغيرها من التجارب الأخرى ، بالاضافة إلى تجارب التحميل . يمكن إدراج الأساليب



الشكل (3 ـ 2) : يظهر الشكل النتائج النموذجية لاختبار اختراق جسم مخروطي الشكل لتربة ما .

الجيوفيزيائيّة [29] ، ضمن قائمة التجارب الموضعيّة هذه . يمكن أيضاً استخدام تجربتي اختراق المخروط [30] ، أو الريشة الدوّارة ، دون الحاجة إلى حفر سبور مسبقة ، إن كانت التربة ليِّنة إلى حدٍّ كاف ، وهي من ثمّ إجراءات يمكن وصفها أحياناً بالسبور الصوتيّة أو العميقة [31] ، والتي يمكن استخدامها لمعاينة مقاومة التربة بشكل سريع ، على امتداد مواضع مختلفة ، وعلى أعماق متباينة من أرض الموقع ، أنظر الشكل (3 ـ 2) .

ـ 2.2.4.03 : يمكن استخدام تجربة الريشة الدوّارة ، لتحديد مقاومة تربة صلصاليّة ليِّنة لقوى القص ، وذلك بقياس درجة مقاومة التربة لدوران الريشة . وفي كلِّ الأحوال ، تعدُّ تجارب الإختراق ، هي الأنجع عملياً ، والأكثر استخداماً في تحديد الكثافة النسبيّة (وبالتالي لمعرفة مقاومة التربة للقص ، ولمعرفة إمكانيّة تعرُّضها للهبوط)؛ ولا سيما في التربة السائبة والغرينيّة . تنفّذ تجارب الإختراق بأسلوبين ، الأوّل ويعتمد على قياس القوة (التجارب الساكنة) ، والثاني الذي يعتمد على قياس عدد العَصْفات النوعيّة ، اللازمة لتغلغل مخروط معياري [32] ، أو أنبوب العيِّنات [33] ، مسافة تساوي وحدة المسافات . يرمز لتجارب الإختراق المعياريّة هذه بـ (S.P.T) ، وتدعى بالتجارب الحركيّة ، والتي هي ربّما من أكثر التجارب أهميّة . تنفّذ التجربة عادة ، أثناء إجراء حفريات السبر الترابي ، حيث يقوم منفِّذ التجربة ، بتسجيل عدد العصفات (N) ، اللازمة لتغلغل مخروط معياري (نظامي) ، مسافة داخل التربة تساوي (305m.m) . تكرّر القياسات ، كلّما توغلنا في الحفر مسافة تتراوح ما بين (1m- 2m) .

ـ 2.2.4.04 : تجرى تجارب الضخ ، عندما تكون لحركة المياه الجوفيّة ، أهميّة خاصّة . يمكن الإستفادة من البيزومتر [34] (مقياس الضغط) ، لقياس ضغط مياه المسامات (الضغط الحيادي) . كما يمكن بالطبع ، إجراء معاينة مباشرة لتغيُّرات المياه الجوفيّة ، وذلك باستخدام أنابيب مخرّمة ، تقحم ضمن حُفَر السبور . يجري تنفيذ والتقيُّد بتجارب التحميل ، التي سبق الإشارة إليها . توظّف تلك التجارب ، لتحديد خصائص مقاومة وهبوطات أساس مفرد في تربة معطاة ، حيث يمكن من خلالها ، التوصُّل إلى نتائج دقيقة نسبيّاً .

ـ الأساليب الجيوفيزيائية :

ـ 2.2.4.05 : تعد الأساليب الجيوفيزيائيّة ، والتي تتضمّن تعريض التربة : لصدمة كهربائيّة ، أو زلزلة صناعيّة ، أو تعريضها لمجال مغناطيسي ؛ من الأساليب عالية الإختصاص ، لذا فإنّ استخداماتها محدودة ، وهي محصورة عادة ، بالأبنية ذات المواصفات الخاصّة . تقوم الأساليب الجيوفيزيائيّة ، بتحديد تغيُّر طبقات التربة ، كما تقوم بتحديد الخصائص واضحة التباين ، كأن تعطينا

مثلاً ، مكان تواجد السطح الفاصل ما بين الطبقة الصخريّة ، وبين الإنقطاعات المتولدة مثلاً عن أعمال سابقة ، جرت لاستخراج المعادن ؛ أو بينها وبين أيِّ فجوات عميقة أخرى . يتطلّب الوصول إلى معلومات مفيدة . خبرة ضخمة ، تعزِّزها نتائج السبر التقليديّة . تكمن أهميّة استخدام الأساليب الجيوفيزيائيّة ، من كونها واحدة من إجراءات التقصي السريع ، تعاين من خلاله ، مدى متانة وتماسك طبقة التربة ، المحصورة ما بين حفرتي سبر متتاليتين ، ويتحوّل ليصبح استخدام إجراء كهذا ضرورة ، في حال كان المطلوب ، المزيد من إجراءات تقصي التربة . لا يمكن للأساليب الجيوفيزيائيّة ، منح معطيات كميّة صريحة ، عن خصائص التربة ومواصفاتها .

- التجارب المخبرية:

-2.2.4.06 : يمكن تقسيم التجارب المخبريّة إلى : تجارب لتعيين الهويّة ، تجارب لتحديد نسبة محتويات التربة من الرطوبة ، تجارب لتحديد كثافة التربة ، مقاومتها ودرجة تماسكها ، مدى نفوذيّتها ، وتجارب لتحديد التركيب الكيميائي للتربة .

- 2.2.4.07 : لا شكّ بأهميّة تحديد الهويّة ، والمميِّزات العامّة للتربة ، ولكن الشيء الأكثر أهميّة ، هو قياس مقاومتها . يمكننا في المخبر فقط ، قياس مقاومة التربة ، في حال كانت العيِّنات المأخوذة ، أقرب ما تكون إلى العيِّنات النظاميّة ، لذا لا يستفاد من نتائج التجارب المخبريّة في الأغلب ، إلا إذا أجريت على تربة متماسكة . تجري مخبريّاً ، تجربة الإنضغاط الشمولي ، وهي تجربة بسيطة وسريعة ، يمكن تطبيقها على التربة الصلصاليّة ، التي يمكن لجزيئات عيِّنتها ؛ التماسك فور اقتطاعها من أرض الموقع . كما يمكن إجراء هذه التجربة على أرض الموقع . تعطينا نتائج التجربة ، قيمة للتماسك الظاهري (أنظر الفقرات اللاحقة) ؛ والتي تعادل تقريباً نصف إجهاد الضغط الحاصل ، عند بدء حالة الإخفاق ، تنحصر استخدامات القيمة هذه ، لتستخدم فقط للكشف عن درجة تماسك التربة ، على أكثر التقديرات دقّة . تطبّق أساليب مشابهة ، لتحديد درجة تماسك التربة ، منها استخدام تجربة «المقوام الجيبي»[35] ، التي تعطينا موضعيّاً ،

القيمة التقريبيّة لمقاومة التربة لضغط غير محصور ، وذلك بقياس القوّة المطلوبة لدفع غاطس موسوق بنابض ، مسافة محدّدة ضمن التربة الصلصاليّة .

ـ 2.2.4.08 : إنّ الأسلوب الرئيسي المتّبع لقياس مقاومة التربة مخبريّاً ، هو الأسلوب المسمّى بتجربة «الضغط ثلاثي المحاور» . يمكن بالسحق الطولي لعيّنات معرّضة لضغوط جانبيّة متعدّدة (والضعيفة تجاه قوى القص) ؛ تحديد قيمتي (C) و (∅) ، أنظر الفقرة (02 . 1 . 3 . 1) . يمثّل الرمز (C) في صيغة معادلة (CoulomB) ، المعطاة في الفقرة (02 . 1 . 3 . 1) ، القيمة الحقيقيّة لتماسك التربة بينما يمثّل الرمز (∅) ، القيمة الحقيقيّة لزاوية الإحتكاك الداخلي . تبقىٰ تلك القيم ثابتة ، فقط لتربة معطاة ، خاضعة لقوى قص تتصاعد قيمها ، إلى ما قبل حدوث حالة الإخفاق ، على أن تكون التربة ذات كثافة استثنائية ، ومحتواها من الرطوبة ضمن الحدود المعقولة . غالباً ما يسبّب تطبيق حمولة على تربة مشبعة بالماء ، ارتفاعاً مؤقتاً في الضغط الحيادي ، أنظر الفقرة (01 . 1 . 4 . 1) ؛ يدوم الى أن تستكمل التربة ، إجراءات تماسكها من جديد . يستمر الإرتفاع الطارىء في الضغط الحيادي ، فترة زمنيّة طويلة نسبيّاً ؛ في حال كانت التربة صلصاليّة البنية ، وفي غضون هذه الفترة ، يتحمّل ضغط المياه الزائد ، جزءاً من الحمولة ، بينما يتحمّل الضغط الداخلي للحبيبات فقط «q_e» ؛ الجزء الآخر من الحمولة . يصعب عمليّاً قياس وتقدير القيمة الحقيقيّة لتماسك التربة ولزاوية الإحتكاك الداخليّة ، وفي أيٍّ حالة من الحالات المطابقة «تطابقاً نظريّاً» لصيغة معادلة «كولومب» ؛ نجد أنّ النتائج لا تصلح للإستخدام العام ، لهذا توجد حاجة عادة ، لإعادة صياغة المعادلة السابقة ، لتأخذ الشكل التالي :

«المعادلة العاشرة» $S= c+q \tan \varnothing$

يمثل الرمز«q» الضغط الإجمالي العمودي على مستوي القص ، كما يشير الرمز (C) هنا ، إلى قيمة التماسك الظاهري ، بينما يشير الرمز (∅) هنا ، إلى زاوية مقاومة القص ، أنظر الشكل (4 ـ 2) .

ـ 2.2.4.09 : تقاس المقادير هذه ، تحت ظروف تمثّل بالدقّة الممكنة ، النظرة العمليّة للحالات المدروسة ، وتستخدم في أيٍّ تحليل لاحق ،

يتناول دراسة مدى استقرار التربة . لدراسة وحلّ مشاكل أساسات اعتياديّة ، مستندة على تربة صلصاليّة ، تنفّذ تجربة الضغط ثلاثي المحور ، بافتراض أنّ التربة خاضعة لظاهرة عدم الإستنزاف (بمعنى أنّ العيِّنة الترابيّة المأخوذة ، لا تسمح للمياه إن تغيّرت قيم الإجهادات ؛ بالدخول إليها أو الخروج منها) . تتصرّف تربة صلصاليّة كهذه ، جرى اختبارها ضمن تلك الإفتراضات ؛ وكأنّ قيمة زاوية مقاومة القص العائدة لها مساوية الصفر ، على الرغم من أنّ القيمة الحقيقيّة لزاوية مقاومة القص ، قد تتجاوز (20) .

الشكل (4 ـ 2) : يقدّم الشكل تمثيلاً تخطيطيّاً لدستور «Coulomb's» ، وذلك عندما : Ø = 0 ، و S = C .

ـ 2.2.4.10 : تستخدم تجربة الضغط ثلاثي المحور أيضاً ، لاختبار تربة شبه صخريّة: كالطبشور، المرل ، والطفل الصَفْحي. تجرى في بعض الأحيان ، تجربتي الضغط ثلاثي المحور ، والضغط غير المحصور ، على الصخور الصلدة ، لتحديد مقاوماتها البكر ، على الرغم من أنّ قيم تلك المقاومات ، لا ترتبط بأيٍّ علاقة مباشرة ، مع قيم المقاومات الموضعيّة لتلك الصخور (وهي القيم التي تكون لها، أثناء تواجدها معاً ضمن التربة الصخريّة)، أنظر الفقرة (2 . 1 . 1 . 02) .

ـ 2.2.4.11 : يساعد قياس خصائص التماسك لتربة متلاحمة ، في حساب قيم الهبوط، أنظر الفقرة (1.4.3.04) . تقاس خصائص التماسك بأداة تسمّى (OEDOMETER) «مكبس الرص وحيد الإتّجاه» ؛ حيث تطبّق قوى ضغط مناسبة ، وفق قيم متزايدة تدريجيّاً ، أو (متناقصة تدريجياً إذا كان المطلوب دراسة خصائص انتفاخ التربة) . تحدَّد قيمة كلٍّ من (M_V)و(C_V) ، عند كلّ انتقال في قيمة الضغط المطبّق ، يمكن أن يتولّد عنه انحراف في قيمة الهبوط .

تجرىٰ تجارب مخبريّة ، لمعرفة مدى قابليّة التربة لإنفاذ المياه ، وتقارن نتائجها مع التجارب المماثلة ، المجراة على أرض الواقع .

- **الاختبارات الكيميائية :**

ـ 2.2.4.12 : تقتصر الإختبارات الكيميائيّة عادة ، على تحديد قابليّة ذوبان محتوى التربة من الكبريتات ، درجة حامضيّة(PH) التربة والمياه الجوفيّة ، وتحديد محتوى التربة من المواد العضويّة . هناك أولاً تجربتان تستخدمان لتحديد إمكانية تعرُّض الأساسات والمرافق المدفونة ضمن التربة ، لهجوم ضار . لذا يختبر عدد كاف من العيِّنات ، منتقاة من مواضع موزّعة على أرض الموقع بشكل لائق . نحتاج إلى تحليل التربة ، خاصّة المردومة منها ، تحليلاً كيميائيّاً شاملاً ، إن لوحظ عليها أو على المياه الجوفيّة داخلها ، تلوُّثاً كيميائيّاً ما .

ـ 5 . 2 . 2 : المعالم الطبوغرافيّة :

ـ 2.2.5.01 : يمكن ملاحظة وتدبُّر المعالم ، بتتبُّع خطوط أيِّ خريطة مساحيّة ، حتى أنّه يمكننا ذلك ، من خلال السير فوق الموقع ليس إلاّ ، إذ بذلك ، نستطيع جمع معلومات ، حول ظروف وطبيعة الأرض ، كما هي عليها الآن ، وما ستؤول إليه في المستقبل . يمكن إيجاد ما المطلوب ملاحظته أثناء الجولة التفقديّة لأرض الموقع ، فيما يلي :

آ ـ الدلالات التي يمكن استيحاءها من تواجد الجروف ، المقاطع ، أو الخنادق .

ب ـ يمكن أن نستدل من تواجد الأرض المتدرِّجة أو المتكسِّرة ، على أنّ أرض الموقع ، قد تعرّضت ، ويجوز أن تتعرّض مجدّداً ، إلى تصدُّعات وانهيالات ترابيّة . يمكن أن يعني تواجد تراسات على سطح مائل ، تزيد زاوية ميله عن (1/10) ، وكذلك تواجد أشجار جرداء على منحدرات من أرض الموقع ، أنّ هناك زحف حاصل في التربة الصلصاليّة .

حـ ـ يمكن أن يشير تواجد شروخ في جوٍّ شديد الحرارة ، على أنّنا أمام تربة صلصاليّة قابلة للتقلُّص . والأهم من ذلك ، هو ملاحظة شروخ متوازية تقريباً ،

إذ يعني ذلك ضرورة التعمُّق في البحث عن أسباب تلك الشروخ ، فقد يكون السبب ، أنّنا أمام تربة معرّضة لانهيالات ترابيّة ، أو انخسافات تعدينيّة . يمكن بعد مراقبة ردود أفعال التربة ، اتّجاه موجة برد تصيبها ، الحكم فيما إذا كانت مهيّأة لجيشان تجمُّدي أم لا .

د ـ يشير تواجد ثقوب الإزدراد في تربة طبشوريّة ، أو مؤلفة من أحجار كلسيّة ، على تواجد فجوات ما بين صخور الطبقة السفليّة . كما يمكن أن تشير المنخفضات المشابهة ، أو الإنخسافات السطحيّة الأخرى ، إلى أنّ أرض الموقع كانت سابقاً ، منجماً لاستخراج المعادن .

هـ ـ إذا كانت المساحة موضع الدراسة تشكِّل وادياً ، تحيط به المرتفعات من كلّ جانب ، فمن المفروض توقّع احتواء تربتها على رواسب طمييّة ناعمة (غرين ، خث ، الخ . . .) . إنّ ما تقدّم صحيح أيضاً ، في حال كانت المساحة واقعة إلى جوار أنهر، أو بعض الأقاليم الساحليّة ، نتيجة إمكانيّة تعرُّضها في الحالة الأولى لمياه الفيضان ، وفي الثانية لظاهرتي المدِّ والجزر . إنّ المساحات الواقعة على منخفضات أخرى ، خصوصاً تلك الواقعة إلى جوار جدول مياه جفّت أو ردمت ، هي مساحات معرّضة لأخطار الطوفان ، إن هي كانت بمثابة تفريغ مائي للأرض المجاورة ، الأكثر علوّاً .

و ـ إنّ البحر ، الأنهار ، والينابيع ، هي على الأرجح ، موجبات تستدعي تعرُّض التربة لتعرية سطحية مباشرة .

ز ـ يمكن الاستدلال من خلال مناسيب المياه في الخنادق ، البرك ، وجداول المياه المجاورة؛ على منسوب المياه الجوفيّة ضمن أرض الموقع ، إلاّ أن هذه الإيماءة ، تحتاج عادة ، إلى إجراءات مكمِّلة ، تعزِّز دقّتها . هناك بعض النباتات ، لا تنمو ولا تزدهر إلاّ في أرض سبخيّة ، ويدلُّ تواجد أنواع منها كأشجار الحور والصفصاف ، على ارتفاع منسوب المياه الجوفيّة في أرض الموقع .

ح ـ يدلُّ تواجد تغيُّرات فجائيّة في نمط ونوعيّة ما هو متواجد من أشجار ونباتات على أرض الموقع ، على تواجد تغيُّرات في أحوال طبقة الأرض الواقعة تحت سطح التربة مباشرة . يسبب تواجد الأشجار والشجيرات الضخمة ،

هبوطات في التربة السطحيّة ، إذا كانت الطبقة التي تليها مباشرة ، هي طبقة صلصاليّة قابلة للتقلّص . تظهر هذه الهبوطات ، على شكل شروخ أو انخفاضات ، تتواجد إلى جوار الأشجار والشجيرات الضخمة .

ط ـ تزوّدنا معاينة نوعيّة وأحوال أيٍّ من المباني أو الطرقات المتواجدة على أو إلى جوار أرض الموقع ، بمعلومات هامّة حول أحوال وظروف أرض مشابهة لأرض الموقع موضوع الدراسة . يمكن ببساطة رد حركة المبنى ، أو ما يلاحظ من شروخ عميقة على أجزاء منه ، إلى سوء تصميم الأساسات . إلاّ أنّ تواجدها ، يمكن أن يكون أيضاً ، إشارة إلى تواجد حركات في التربة السفليّة ، كالانخسافات التعدينيّة على سبيل المثال .

ي ـ ينبغي التفتيش على أيٍّ أعمال إنشائيّة ، تجرى إلى جوار أرض الموقع ، وملاحظة فيها إذا كانت تتطلّب ضخّاً للمياه الجوفيّة أم لا ، إذ أن ضخّ المياه الجوفيّة في أرض مجاورة لأرض الموقع ، ستسيء بلا شك ، إلى توضّع وأحوال المياه الجوفيّة المتواجدة تحت أرض الموقع .

ك ـ يمكن من خلال النظرة الملقاة على المعالم السطحيّة ، تبيّن المرافق العامّة المتواجدة أصلاً في أرض الموقع ، كما يمكن من خلال هذه النظرة ، ملاحظة فيها إذا كان هناك على أرض الموقع ، أساسات قديمة ، أو أيّة منشأة أخرى .

ل ـ تعاين أثناء الجولة التفقديّة لأرض الموقع ، إمكانيّة تعرّض المنطقة لظروف مناخيّة استثنائيّة ، ليتم إدخالها في حال إمكانيّة حدوثها ، ضمن متطلّبات التصميم .

ـ 6 . 2 . 2 تقرير التربة :

ـ 2.2.6.01 : ينبغي أن يحتوي تقرير التربة على النتائج الأوّلية للجولة التفقديّة ، وعلى النتائج التفصيليّة المستخلصة من إجراءات تقصي أرض الموقع ، بما فيها نتائج الإختبارات المخبريّة والموضعيّة ، والقرارات والنصائح الموجّهة لخطوات تصميم وإنشاء المبنى . يضاف إلى التقرير هذا ، تقارير ينظّمها اختصاصيون ، تناقش مشاكل خاصّة ، كمشكلة تأثير عمليات استخراج المعادن من باطن الأرض ، على طبيعة وبنية أرض الموقع .

ـ 2.2.6.02 : لكي يركن المنفِّذ إلى بنود تقرير التربة ، وما يتضمّنه من نصائح وإرشادات ، ينبغي على معدِّه الإلمام بكافّة التقنيّات المتاحة ، ذات الصلة الوثيقة بأحوال التربة . كما ينبغي عليه ، مراعاة الوصول إلى منشأة اقتصاديّة . يناقش تقرير التربة ، أمر المنشأة من منطلق محدّد ، يواءم ما بين متطلّبات التصميم والإنشاء ، وبين مقدرة التربة على تلبية المتطلبات . تشير التعليمات التصميميّة ، إلى تفاصيل قواعد الأساسات المستخدمة ، كما تلخّص المشاكل الإنشائيّة المحتملة ، للحؤول دون الوقوع بها. وفي كلّ الأحوال ، تقع تبعات تحديد ماهيّة الرسومات التفصيليّة المطلوبة ونوعيّتها؛ على مهندس المشروع . يحوي تقرير التربة أيضاً ، على تعليمات مدوّنة ، يشير بها منظّمه ، إلى تأثيرات الجملة التأسيسيّة على تصميم البنية الفوقيّة للمنشأة ، كما يتضمّن تنبُّوءات منظّم التقرير ، لكميّة الهبوطات أو غيرها من الحركات المحتملة ضمن التربة .

ـ 03 . 6 . 2 . 2 : ينبغي أن يشير التقرير إلى المسائل التي ما تزال معلّقة والتي قد تسبِّب تغيُّرات في إسلوب التصميم أو الإنشاء المتبنّى . كما ينبغي عليه الإشارة إلى المسائل المبهمة ، وتثبيت المطلوب لتجليتها . يوصي تقرير التربة ، في حال الضرورة ، بوجوب إجراء سبور جديدة للتربة ، إذ ليس من الممكن دوماً ، الحصول على كافة المعلومات الضرورية ، من خلال سبر واحد ، خصوصاً وأنّه أثناء تنظيم التقرير ، قد تطرأ مشاكل لم ينتبّه إليها من كان قد قام بإجراء السبر الأوّلي ، ولا بّد لإجلائها ، وإيجاد الحلول لها ، من إجراءات تقصٍّ جديدة ، تأخذ بعين الإعتبار ، ما يمكن أن ينتهي إليه استقراء نتائج اختبارات العيِّنات الجديدة ، وما يمكن أن ينجم عن اختيار ما يساعد منها ، على تفهُّم أبعاد المشكلات الطارئة ، تمهيداً لإيجاد الحلول المناسبة لها .

ـ 3 . 2 : بنية وأحوال التربة الضارّة بالمنشأة :

ـ 2.3.0.01 : قد تحوي التربة والمياه الجوفيّة ، في ظروف معيّنة ، مركّب يمكن لها الإضرار ببنية الجملة التأسيسيّة ، بالمنشأة ، والمرافق العامة المدفونة داخلها . يمكن من خلال الإختبارات الكيميائيّة ، التي تعدُّ واحدة من إجراءات تقصي الموقع ؛ الكشف على إمكانيّة احتواء التربة أو مياهها الجوفيّة ، على المركّبات

الضارّة هذه ، أنظر ذيل الفقرة (01 . 4 . 2 . 2) .

ـ 2.3.0.02 : تتشكّل أكثر المركبات الخطرة هذه ، من جذر الكبريتات القابل للذوبان في الماء . يتفاعل جذر الكبريتات المحلول في الماء ، مع اسمنت معظم أنواع البيتون المعروفة . يعتمد تحديد نوعيّة التفاعل ودرجته بشكل خاص ، على نسبة تركيز محلول جذر الكبريتات في التربة ، وعلى الخصائص النوعيّة للإسمنت المستخدم في الإنشاء . إلاّ أنّ التأثير الحقيقي لها ، يتمثل في أنّ نتاج تفاعل محلول جذر الكبريتات وإسمنت المنشأة ، هو أملاح غير قابلة للذوبان في الماء ، أي مركبّات متبلورة ، تسبِّب تمدُّد وبالتالي تفسُّخ سطح الكتلة البيتونيّة . تتفاقم الحالة ، وتتزايد المشكلة ، منذرة بكارثة حقيقيّة ، إن استمرّ هجوم جذر الكبريتات المحلول ضمن المياه الجوفيّة ، إن وجدت ملامسة للبيتون المكشوف حديثاً ؛ نتيجة تفسُّخ سطحه الخارجي ، بترسُّب نتاج تفاعل اسمنته ، مع جذر الكبريتات المحلول ضمن التربة .

ـ 2.3.0.03 : إن من أكثر مركبّات الكبريتات تواجداً في التربة ، هي كبريتات الكالسيوم ، المغنزيوم والصوديوم . يعدُّ مركّب كبريتات الكالسيوم أقلّ المركّبات هذه قابليّة للإنحلال في الماء ، وبالتالي فإنّه أقلّها إثارة للمشاكل . تتواجد مركبات الكبريتات في الطبيعة ، خصوصاً في التربة الصلصاليّة المتشقّقة عالية الصلابة ، أنظر الفقرة (2.1.5.01) ، ضمن المرل الكيوبري ؛ أو في تربة ملوّثة بمياه جوفيّة ، قد اجتازت تربة غضاريّة مجاورة . تظهر جذور الكبريتات أحياناً ، على شكل بللورات مصقولة ولامعة ، وأحياناً أقل ، على شكل بللورات شفافة . يمكن أيضاً أن تتواجد سلسلة من تراكيز الكبريتات ، ضمن بعض أنواع الخث ، وأيضاً ضمن تربة ردميّة ، مؤلّفة من رواسب صنعيّة ، كطِفْل مناجم الفحم ، رماد المواقد ، بقايا الأبنية الحجريّة أو نفايات المصانع . في بعض الحالات ، حيث تتواجد حموض كبريتيّة ضمن المياه الجوفيّة ، كحمض الكبريتي ، وكالكبريتات المذابة في محلول حمضي ، يشار إلى الأخطار الناشئة ، بصيغة مختصرة مفادها : بأنّ الأخطار تتزايد طرداً مع انخفاض قيمة حامضيّة *(PH) المياه الجوفيّة .

* : درجة حامضية الماء المحايد تساوي (7).

ـ2.3.0.04 : يتعرّض البيتون إلى سلسلة من هجمات الكبريتات ، فقط في حال استمرار تكوُّن أملاح مذابة ، بدل المستهلكة في عمليّة التفاعل مع إسمنت المنشأة . يستمر تكون أملاح مذابة، في حال استمرار الحركة الشاقوليّة والأفقيّة للمياه الجوفيّة ، المحمّلة بشوارد الكبريتات . لذا فإنّ الكتل البيتونيّة المتواجدة باستمرار فوق منسوب المياه الجوفيّة ، وكذلك تلك البعيدة عن مسالكها ومجاري تدفُّقها ؛ هي كتل أقلّ تعرُّضاً لأخطار هجوم جدي . إلا أنّه في حال كان تركيز الكبريتات ضمن التربة ، يسمح بتعريض المنشأة لأخطار حقيقيّة ، وكانت حركة المياه الجوفيّة ، تشير إلى توفُّر إمكانيّة تعرّض المبنى لتلك الأخطار ؛ فإنّه من الواجب إتّخاذ تدابير وقائيّة ملائمة ، للحؤول دون الوقوع في حبائل الخطر المحتمل .

ـ2.3.0.05 : يعدُّ الإجراء المتمثّل ، بتنفيذ بيتون كثيف ، وذي كتامة عالية ، على رأس الإجراءات الوقائيّة ، التي تسعى لتجنُّب أضرار هجوم جذر الكبريتات ، بينما يتمثّل الإجراء الوقائي المكمِّل ، بالعمل على استخدام أنواع خاصّة من الإسمنت ، كالإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات ؛ الإسمنت عالي الكبريتات ، وهو إسمنت مقاوم لجذر الكبريتات ، ويتفاعل معه ببطء شديد ؛ وأخيراً الإسمنت عالي الألومينا (أكسيد الألمنيوم) . قد نلجأ في الحالات الأشد خطورة ، إلى طلي العنصر البيتوني بطبقة واقية ، مصنّعة من مادّة خامدة كيميائياً .

ـ2.3.0.06 : يصنِّف الجدول (3 ـ 2) ، أنواع المواقع ، على ضوء تراكيز جذور الكبريتات ضمن تربتها ، وفي مياهها الجوفيّة . كما يحوي الجدول ، تعليمات وثيقة الصلة ، بالإجراءات الواجب اتّخاذها لحماية العناصر البيتونيّة . يشير العمود الثاني ، إلى النسبة المئويّة للكميّة الإجماليّة لجذر الكبريت في تربة الموقع . بينما يشير العمود الثالث المعني بحالات مدرجة ضمن التصنيف الثالث فما فوق ؛ إلى وزن جذر الكبريتات المحلول ضمن كلّ ليتر من المياه الجوفيّة . يظل الإسمنت عالي الكبريتات عرضة لأخطار تفاعله مع كبريتات الأمونيوم ، ذي القابلية العالية للإنحلال . كما أنّه من غير الملائم ، استخدام الإسمنت عالي

الألومينا ، في الأوساط عالية القلويّة . تدلُّ الخبرة ، على وجوب الإمتناع عن استخدام خلطات بيتونية ، تحوي على كلوريد الكالسيوم ، إن كان المراد من تلك الخلطات ، صب عناصر بيتونيّة ، عرضة لأخطار ، تتأتّى عن ملامستها لمركّبات كبريتيّة . تؤكِّد مصادر الجدول هذا ، على أنّ التعليمات والنصائح المدوّنة فيه ، هي بمثابة آراء قابلة للأخذ والرد ، وليست بقاطعة ؛ إذ تعترف بأنّها ما نظّمته إلا وفقاً لما توفّر لها من معلومات .

اللوحة (3-2): تعطي اللوحة قيما لمحتويات التربة والمياه الجوفية من الكبريتات - تصنيفها والتوجيهات المساعدة في معرفة كيفية معالجتها.

تصنيف التربة	درجة تركيز الكبريتات المرموز لها بـ SO_3 في التربة			تعليمات تتناول خصائص الاسمنت الواجب استخدامه من حيث الوزن، ومن حيث تحقيقه لبيتون تام الكثافة، وكذلك تعليمات تتناول حجم الحماية الخاصة الواجب اتباعها في حال الضرورة.
	النسبة المئوية الاجمالية للكبريتات	وزن الكبريتات في ليتر من الماء المستخرج	في المياه الجوفية	
1	أقل من 0.2	—	أقل من 30 جزيئة لكل 100000	● لأعمال البيتون المسلح؛ يستخدم الاسمنت البورتلاندي العادي أو الاسمنت البورتلاندي المطبوخ في الفرن العالي. ● ينبغي أن لا يقل وزن الإسمنت عن (280Kg)؛ في كل متر مكعب واحد. ● ينبغي أن لا تتعدى نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت، النسبة المقدرة بـ(55%). ● تطبق من أجل البيتون العادي، اجراءات أقل صرامة.
2	من 0.2 الى 0.5	—	من 30 الى 120 جزيئة لكل 100000	● انظر الملاحظة الأولى. أ): ● يستخدم الاسمنت البورتلاندي العادي أو الاسمنت البورتلاندي المطبوخ في الفرن العالي. ● ينبغي أن لا يقل وزن الاسمنت عن (330Kg) في كل (m^3) واحد. ● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت عن (50%) ب): ● يستخدم الاسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات ● ينبغي أن لا يقل وزن الاسمنت عن (280Kg) في كل (m^3) واحد. ● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت عن (50%) جـ): ● يستخدم الاسمنت عالي الكبريتات ● ينبغي أن لا يقل وزن الاسمنت عن (310Kg) في كل (m^3) واحد. ● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت عن (50%)

3	من 0.5 الى 1	من 2.5 الى 5 غ/ليتر	من 120 الى 250 جزيئة لكل 100000	● يستخدم الاسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات؛ الاسمنت عالي الكبريتات أو الاسمنت عالي الالومينا. ● ينبغي أن لا يقل وزن الاسمنت عن (330Kg) في كل (m^3) واحد ● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت عن (50%)
4	من 1 الى 2	من 5 الى 10 غ/ليتر	من 250 الى 500 جزيئة لكل 100000	أ): ● يستخدم الاسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات أو عالي الكبريتات ● ينبغي أن لا يقل وزن الاسمنت عن (370Kg) في كل (m^3) واحد. ● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت عن (45%). ب): ● يستخدم الاسمنت عالي الالومينا ● ينبغي أن لا يقل وزن الاسمنت عن (340Kg) في كل (m^3) واحد. ● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت عن (45%).
5	أكثر من 2	أكثر من 10 غ/ليتر	أكثر من 500 جزيئة لكل 100000	● يستخدم اما الاسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات أو عالي الكبريتات بالاضافة الى طبقة حماية كافية من مادة خامدة؛ كالاسفلت أو المستحلبات البيتومينية المسلحة بأغشية من الفيبرغلاس. ● يستخدم الاسمنت عالي الالومينا بوزن لا يقل عن (370Kg) لكل (m^3) واحد. ● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت في كلا الحالتين عن (40%).

الملاحظة الأولى: إن عيار الاسمنت المعطى في التصنيف رقم (2)، هو الحد الاصغري الذي تنصح به وتجيزه المصانع المتخصصة. ينبغي رفع عيار الاسمنت المعطى بحده الاصغري في التصنيف رقم (2)، في حال وصول نسبة الكبريتات الى حدها الأعلى.

الملاحظة الثانية: ينبغي مراعاة الحالات والظروف الاستثنائية؛ كحالة المقاطع البيتونية النحيلة؛ المقاطع المعرضة لضغوط هيدروستاتية، على جانب واحد منها فقط؛ والمقاطع البيتونية المغمورة جزئيا بالماء، حيث يحرص في حالات كهذه على تقليص نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت الى أبعد حد ممكن؛ وفي حال الاضطرار، يجري العمل على زيادة وزن الاسمنت في المتر المكعب الواحد؛ لضمان الحصول على الدرجة المطلوبة لقابلية تشغيل البيتون، دون المساس بدرجة التماسك المطلوبة للخلطة البيتونية، وبالتالي تأمين متطلبات الوصول الى بيتون كتيم مطابق للمواصفات المطلوبة.

● تستخدم معطيات اللوحة هذه لبيتون تم صبه الى جوار مياه جوفية محايدة، تتراوح حامضيتها ما بين (6-9)؛ وحاوية طبيعيا على كبريتات؛ الا انها في نفس الوقت خالية من الملوثات كأملاح الامونيوم. لا ينصح بادخال الاسمنت البورتلاندي العادي في خلطة البيتون المستخدم في أوساط حامضية يزيد تصنيفها عن (6). يملك الاسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات؛ مقاومة للحموض تزيد قليلا عن الاسمنت البورتلاندي العادي؛ الا انه من خلال الرصد الميداني، يتبين لنا ان استخدام بيتون كهذا، لحالة كهذه، يتم على نطاق ضيق. يمكن استخدام الاسمنت عالي الالومينا في أوساط تقل درجة حموضيتها عن (4). كما يمكن للاسمنت عالي الكبريتات في أوساط كهذه، أن يعطي نتائج مرضية، شريطة أن يكون البيتون المستخدم كثيفا ومعدا بطريقة تكون فيها نسبة وزن الماء الى الاسمنت حوالي (40٪)، وكذلك أن لا تزيد درجة حموضة التربة الناشئة عن توفر حوض معدنية ضمن التربة عن (3.5).

ـ 2.3.0.07 : تتنوّع تراكيز الكبريتات ضمن التربة تنوُّعاً كبيراً ، مما يؤدي إلى ضرورة أخذ عيِّنات كثيرة ، على الرغم من أنّ كلف الإختبار تتناقص كثيراً ، في حال تجميع العيِّنات واختبار عدد منها معاً . من الإيجابيات الصريحة ، العمل على تصنيف المواقع ، وفقاً لتحليل مكوِّنات مياهها الجوفيّة فقط ، إلاّ أنّ العيِّنات المأخوذة من المياه الجوفيّة ، هي عيِّنات مُلَطَّفة ، إما لاختلاطها بمياه سطحيّة ، أو بمياه جوفيّة مارّة بمناطق أقلّ تلوثاً . يلاحظ عموماً أنّ المتر أو المترين العلويين من التربة الحاملة للكبريتات ، هي تربة خالية من الأملاح ، نتيجة انحلال تلك الأملاح ، في المياه التي شقّت لها مسلكاً إلى باطن التربة . يتم تصنيف وتبويب الموقع ، بيد مهندس خبير ، مستنداً في ذلك على كافّة المعلومات المتاحة لديه . في حالات الشك ، يصار إلى استخدام بيتون خاص ، ذي نوعيّة فائقة الجودة ، يحوي على اسمنت مقاوم للكبريتات ، وبهذا يُتدارك الخطر المحتمل ، وبكلف إضافيّة قليلة نسبيّاً .

ـ 2.3.0.08 : تحوي مياه البحر كميات لا بأس بها من الكبريتات ، إلا أنّ منها ، لا يملك خاصيّة هجوميّة ضارّة ، وذلك نتيجة الفعل المثبِّط ، الناشىء عن احتواء مياه البحر ، لكلوريد الصوديوم .

ـ 2.3.0.09 : تشابه التدابير الوقائيّة المتّخذة ، للحدّ من أخطار تعرُّض العناصر البيتونيّة ، لأوساط حامضيّة (المقدّرة خطورتها وفقاً لقيم PH) ؛ تلك التدابير المتّخذة لتجنُّب الأخطار الناشئة عن تواجد جذور الكبريتات ضمن الوسط المحيط بتلك العناصر . تبدأ حالات التربة الموصوفة بالتربة الحامضيّة ، من التربة الخثّية ، أو التربة الحاوية على مياه تتواجد فيها أحماض عضويّة ، أو من ماء يسر (خال من الأملاح) يحوي على ثاني أكسيد الكربون أو حمض الكربونيك . إنّ الأخطار الناشئة عن تربة كهذه ، هي أخطار بسيطة عادة ، ويكفي لتجنُّبها خلطة بيتونيّة ، جيِّدة التدرُّج ، نظاميّة التركيب .

ـ 2.3.0.10 : هناك العديد من المشاكل الأخرى ، خارجة عن نطاق بحثنا هذا ، يمكن أن تسبِّبها التربة الحاوية على مواد ضارة ، بجملة المنشأة التأسيسيّة منها : التسبُّب بصدأ المواد الحديديّة المتواجدة ضمن التربة (إذ يمكن أن

تسبّب الكبريتات صدأ للحديد إن تواجدت في التربة أنواع محدّدة من البكتريا) ؛ التسبُّب في اهتراء المواد الخشبيّة المدفونة ضمن التربة ؛ نشوب حرائق تلقائيّة تلتهم محتويات التربة الردميّة ، وغيرها من المشاكل الناشئة عن تواجد النفايات الكيميائيّة داخل بنية التربة الردميّة .

ـ 2.3.0.11 : أخيراً ، يمكن للبيتون أن يتصدّع ، ولحديد التسليح أن يصدأ ، نتيجة تعرُّض العناصر البيتونيّة ، لتأثيرات العوامل الجويّة ، كتعرُّضها لفعل الصقيع والتشذّر[36] ، والتي يمكن لأخطارهما أن تتفاقم ، نتيجة تعاقب تعرُّض تلك العناصر ، لحالة جافّة ، تليها حالة رطبة وهكذا ، ونتيجة أيضاً لتأثيرات الفعل الكيميائي بها . يمكن تجنُّب أضرار الأخطار هذه ، بتصميم خلطة بيتونيّة ، مؤلّفة من رمل وبحص عاليي الجودة ، وبتأمين تغطية بيتونيّة كافية لحديد التسليح ، لا تقل عن (50 m.m) .

ـ 2.4 الأساليب التقنية المستخدمة في معالجة التربة :

ـ 2.4.0.01 : هناك العديد من الإجراءات التقنيّة المستخدمة ، لتحسين خصائص التربة موضعيّاً ؛ إما مؤقّتاً أو بشكل دائم . إنّ الإجراءات هذه ، هي من أدق المواضيع الإختصاصيّة ، لذا يتولّى القيام بها مهندسون مختصُّون ، وإن كان هناك شركات تجاريّة ، يمكن لها تقديم خدمات ، تندرج ضمن مجموعة الإجراءات التقنيّة المستخدمة في معالجة التربة .

ـ 2.4.0.02 : إنّ ما سيحدِّد مدى استحسان ودرجة الحاجة إلى استخدام إجراءات تقنيّة محدّدة لمعالجة التربة ؛ هي نتائج تقصيّ الموقع . يعتمد كثير من تلك الإجراءات على أبعاد جزئيات التربة ذات العلاقة ، وأيضاً على مدى تلك الإجراءات على أبعاد جزئيات التربة ذات العلاقة ، وأيضاً على مدى تحقيقها لوفر نسبي ، لا تستطيع تحقيقه مجموعة النظم والقواعد التقليديّة .

ـ 2.4.0.3 : تندرج إجراءات نظم معالجة التربة هذه ، ضمن ثلاثة تصانيف ذات عناوين عريضة هي :

آ ـ تخفيض منسوب المياه الجوفيّة .

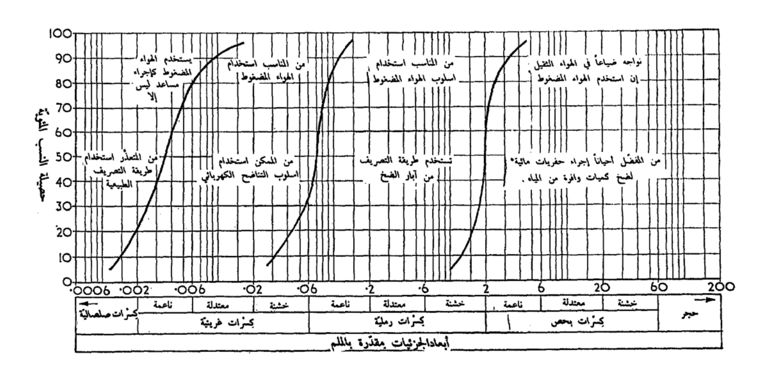
ب ـ إقصاء المياه الجوفيّة .
جـ ـ تثبيت التربة ، بما فيها تحسين طاقة التربة ، ورفع قدرتها على تلقي الحمولات .

هناك إجراءات خاصّة أخرى ، يمكن لها أن تتداخل مع كافّة التقسيمات تلك .

ـ 1 .4 .2 تخفيض منسوب المياه الجوفية :

ـ 2.4.1.01 : ينفّذ عمل كهذا ، ليكون بمثابة إجراء مؤقّت ، يقصد منه إزالة مياه الحُفَر ، لكي يتسنّى إنجاز أعمال الحفر وما يليها من أعمال إنشائيّة ؛ في وسط جاف . إنّ إجراء كهذا ، ليس من السهل دوماً إتمامه على الوجه الكامل . يمكن وضع البيتون في مكانه المخصّص بواسطة المحفظة (سطل البيتون) ، رافعة قادوسيّة[37] ، بواسطة أنبوب متّصل بقادوس الصب المائي[38] . كما يمكن إيصال البيتون بواسطة حقن الموضع بركام بيتوني جاهز . تنفّذ أعمال أخرى تحت منسوب المياه الجوفيّة ، وإن كان من الأفضل ، تنفيذها ضمن وسط جاف . من الممكن إبعاد المياه كليّة عن المساحة المعنيّة ، (أنظر الفقرة اللاّحقة) ؛ ولكن إن لم يكن المطلوب عزلاً دائماً للمنشأة ، يبقى الإجراء المؤقّت المتمثّل بتخفيض منسوب المياه الجوفيّة ، هو الأبسط والأقلّ كلفة .

تنفّذ عملية تخفيض منسوب المياه الجوفيّة ، مستعينين بشتّى وسائل ضخ المياه المعروفة ، كأن تضخ المياه من بُرَك التجمّع ، أنابيب التجفيف[39] ، أو من آبار عميقة . كما يمكن تنفيذ العمليّة ، باستخدام الطريقة الكهرنضحيّة[40] . تستخدم بالطبع ، أيٌّ من الطرق هذه ، فقط في حال كان من الصعب ، تحقيق تخفيض لمنسوب المياه الجوفيّة ، من خلال تهيّأة الظروف ، لتدفّق المياه بشكل طبيعي ؛ إلى خارج حدود المساحة المعنيّة ، يظهر المخطّط الموضحّ في الشكل (5 ـ 2) ، إجراءات تخفيض منسوب المياه الجوفيّة ، الأكثر ملاءمة لحبيبات تربة ، بأبعاد مقدّرة بالملم ، تتراوح قيمها ضمن التقسيمات الثلاث لكلٍّ منها : (ناعمة ، معتدلة ، وخشنة) .



* : حفريات مائية: حفريات تحدث داخل الماء أو تحته او أدنى من سطحه.

الشكل (5 ـ 2) : يظهر الشكل الحدود التي يمكن ضمنها، تطبيق إجراءات تخفيض منسوب المياه الجوفيّة بنجاح (تتراوح أبعاد جزيئات التربة من أبعاد لحبيبات صلصاليّة إلى حجريّة) . تم رسم المخطّط على ورقة رسم لوغارتميّة .

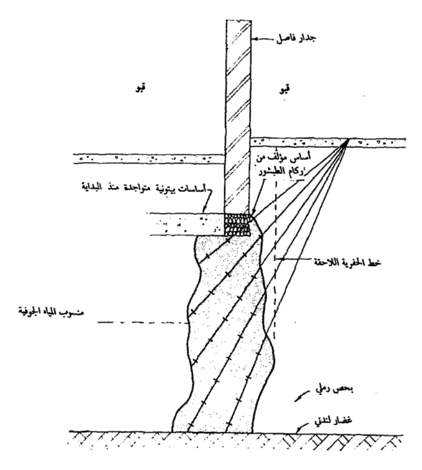
ـ 2 .4 .2 إبعاد المياه الجوفية (قبل مباشرة أعمال الحفر) .

ـ 2.4.2.01 : تنفّذ عمليّة كهذه ، لتكون بمثابة إجراء مؤقّت ، أو لتكون بمثابة إجراء دائم ، كأن يصار إلى بناء قبو ضمن تربة مشبعة بالماء ، حيث تشكّل إجراءات إبعاد المياه الجوفيّة مع المنشأة الدائمة ، نظاماً متكاملاً . يلاحظ في النمط الآخر عادة ، وجود طبقة كتيمة من البيتون المسلّح ، تقع ما بين طبقتين غير نفوذتين من طبقات التربة . يمكن تنفيذ الطبقة البيتونيّة ، بصبّ جدار من البيتون المسلّح ، في المكان المخصّص ، بواسطة قادوس الصب المائي ، وذلك ضمن خندق يحفر ويثبّت مؤقّتاً بوحل البيتونيت ، أو بصب جدار ركائزي من البيتون ، ذي تجاويف مستمرّة . يمكن إدراج القيسونات (وهي منشآت كتيمة غاطسة ضمن التربة أو الماء) ؛ أيضاً ضمن تصنيف المنشآت الدائمة ، المستخدمة في إقصاء المياه الجوفيّة . تتضمّن الأساليب المؤقّتة ، استخدام الخوازيق الستاريّة كالسدود المؤقّتة المشادة على الأرض أو في الماء ؛ أساليب الحقن بالإسمنت المائع لتشكيل قواطع وذلك بإحكام سد فجوات التربة (أنظر الفقرة اللاّحقة) ؛ والتبطين الموضعي للأوتاد البيتونيّة . لا بدّ لكي تنجح كافّة الإجراءات التقنيّة المستخدمة لإقصاء المياه الجوفيّة ، من تواجد طبقة ذات كتامة كافية ، وعلى عمق معقول . ولا يستثنى من ذلك ، سوى التربة التي يمكن إجراء سدٍّ محكم لفجواتها ، عند منسوب أسفل الحفريّة ، وذلك إما بإجراء تخفيض مؤقّت للمياه الجوفيّة ضمن مستوى القطع ، أو بصب المنطقة بأحد أساليب الصب تحت الماء ؛ أو بحقنها بالإسمنت المائع . إن أخفقت كافّة الأساليب الأخرى ، فلا بدّ من إقصاء المياه من الحفريّة بشكل مؤقّت (مع الإنتباه إلى ضرورة تدعيم جوانب الحفريّة) ؛ عن طريق استخدام أسلوب التجميد . إنّ عمليّة كهذه ، هي عمليّة مكلفة ، ويحتاج إنجازها إلى وقت طويل نسبيّاً ، لذا يندر استخدامها . تستخدم طريقة حقن التربة ، الواقعة على جوانب الأقبية من الخارج ؛ بالإسمنت المائع ؛ لمعالجة مشاكل ارتشاح المياه ، في منشأة دائمة .

ـ 3 .4 .2 تثبيت التربة وتحسين قدرتها على التحمل :

ـ 2.4.3.01 : سنناقش الطرق العامّة المستخدمة في تدعيم الحفريات ،

ضمن بنود وفقرات الفصل الثالث . من المفيد أحياناً ، تثبيت التربة المحاذية للحفريّة ، خصوصاً تلك الواقعة تحت أساسات قديمة ، وذلك عن طريق حقن التربة بالإسمنت المائع ، وبذا تتحوّل التربة هذه ، لتصبح بمثابة أساس جديد ، داعم لأساس المنشأة ، أنظر الشكل (6 ـ 2) . من الملاحظ أنّه حتى في حالة



الشكل (6 ـ 2) : يظهر الشكل طريقة تدعيم أساس بطريقة الحقن بالإسمنت المائع .

تدعيم الحفريات بشكل محكم ، فإنّه من الصعوبة بمكان ، تجنُّب الحركة الجانبيّة ، والتي يمكن أن ينشأ عنها بعدئذ ، هبوطات في أيٍّ تربة سائبة . تستخدم طريقة

حقن التربة بالإسمنت المائع أحياناً ، لتثبيت أسفل الحفريات ، كما يمكن استخدامها بمثابة إجراء مكمل ، لعمليّة الردم الجزئي للفجوات تحت الأرضيّة ، والمتخلّفة عن أعمال تعدينيّة قديمة . يستخدم لرفع كفاءة أساليب تثبيت التربة المؤلّفة من رمال سائبة ؛ طرق تعتمد على تعريض التربة لاهتزازات تردّديّة (عميقة أو سطحيّة) ، بينما تستخدم طريقة التجميد أحياناً ، لرفع كفاءة الأساليب المستخدمة في تثبيت التربة المشبعة بالماء ، خصوصاً الصلصالية أو الغرينيّة منها . تساهم طريقة حقن التربة بالإسمنت المائع أو تقنيات تحزيق التربة[١٩] ، في تجنّب ظاهرة الإنزلاق الصخري . كما أنّ عمليّة تثبيت الحفريات بشكل عام ، يمكن عادة رفع سويّتها ، بتخفيض منسوب المياه الجوفيّة . تنجز مراحل تثبيت التربة أيضاً ، لتكون بمثابة إما إجراء مؤقّت أو دائم .

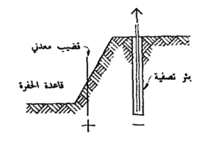
ـ 2.4.3.02 : تعدُّ عمليّة تحسين مواصفات التربة ، ورفع قدرتها التحميليّة ، واحدة من المعايير الدائمة ، التي يمكن الركون إليها ؛ للسماح بتخفيضات تصيب أبعاد الأساسات الحاملة ؛ لتجنّب إشادة أوتاد أو أيّ أساسات عميقة أخرى ، أو ببساطة ، لمنع حدوث هبوطات مفرطة الخطورة . يمكن على أيّ حال ، ونتيجة لتطبيق إجراءات التحسين ، حدوث إيجابيات عرضيّة مؤقّتة أخرى ، يستفاد منها أثناء التنفيذ . تستلزم إجراءات رفع كفاءة التربة ، وزيادة قدرتها التحميليّة ، كلفاً إضافيّة ؛ تتعدّى الكلف التي يتطلّبها تنفيذ منشأة دائمة ، لذا فإنّ العديد من المصمّمين، يحجمون عن تطبيق أساليب تقوية التربة وتحسين نوعيّتها ، وذلك لكلفتها العالية . إلّا أنّ هناك ظروف ، تجبر المصمّم على التفكير في حلٍّ كهذا ، ومع ذلك ، لا بدّ من إبقاء الإجراءات هذه ، محلّ عناية وتمحيص ، بقصد معرفة مدى جدوى الإجراءات هذه ، سواء من الناحية التنفيذية أو الإقتصاديّة . هناك أساليب أكثر بساطة ، وتحقّق نفس الغاية . تعتمد إحدى هذه الأساليب ، على إزالة طبقة التربة الضعيفة ، أو ذات المواصفات المخالفة ، من مكان تواجدها ، ضمن الحيّز المراد تحسين التربة فيه ، لتحلّ محلّها تربة أفضل ، وأقرب إلى المواصفات المطلوبة . إنّ اتّباع طريقة مناسبة ، بقصد حقن التربة بالإسمنت المائع ، هي من الطرق القابلة للتطبيق أيضاً ، في حالة

كهذه ؛ وربما تكون طريقة تعريض التربة لاهتزازات تردُّدية عميقة ، هي واحدة من أكثر الأساليب التقنيّة فائدة . تسبِّب الإهتزازات المعرّضة لها التربة على العمق المطلوب ، تراصّاً لمواد التربة الحبيبيّة السائبة ، خصوصاً الرمال النقيّة منها . كما أنّ مشتملات التربة الأخرى ، كالبحص أو حتى المواد الأكثر خشونة أو نعومة ، كمواد الردم بمختلف أنواعها ، والرمال الغرينيّة أو الغضاريّة ؛ يمكن لها أن تغوص ضمن التربة ، نتيجة ثقلها ؛ لمجرّد تعرُّضها لاهتزازات ذات تردُّدات عالية . يمكن من خلال دق وتد مصمت ضمن التربة ، الحصول على نتائج مشابهة ، إلّا أنّ طريقة كهذه ، من الصعب عادة التحكُّم بتأثيراتها الجانبيّة .

ـ 2.4.3.03 : تستخدم الطرق آنفة الذكر ، لتشكيل أعمدة حجريّة متدرِّجة ، تتواجد ضمن الصلصال أو الغرين الناعم ، حيث يتسنّى لهذه العناصر المتشكِّلة ضمن التربة ، تحمُّل حمولات مباشرة ، كالحمولات الناتجة عن الأوتاد التقليديّة ، وذلك فيما إذا كانت فروقات الهبوط مهملة . كما تساهم هذه الطرق أيضاً في تحسين مقاومة التربة لقوى القص، وترفع من قدرتها على تصريف محتواها المائي . يساعد رفع قدرة التربة على تصريف محتواها المائي ، في زيادة ثبات التربة ككل ، وفي رفع درجة تراصِّها . يمكن الحصول على نتائج مشابهة ، بإنشاء مصارف شاقوليّة ، عن طريق ثقب أو دق التربة .

ـ 2.4.3.04 : يمكن في بعضٍ الأحيان ، تحميل سطح التربة الناعمة مسبقاً ، كسطح الأرض الطبيعيّة مثلاً ؛ وذلك لزيادة قدرتها على الثبات ، ولتخفيض إحتمالات هبوطها ، ويتم ذلك أحياناً ، بالإقتران مع وسائل تستخدم لزيادة قدرة التربة على تصريف مياهها شاقوليّاً . يمكن تنفيذ رص سطحي للتربة ، وذلك لعمق يساوي تقريباً نصف متر ؛ باستخدام وسائل تقليديّة ، كالمدحلة أو الهزّاز ، وبمعالجة سطح التربة ، لتقوية التربة الحبيبيّة ، بمزجها بالإسمنت أو بأيِّ مادّة مناسبة أخرى . يساهم التخفيض الدائم لمنسوب المياه الجوفيّة ، حيثما كان ذلك ممكناً عمليّاً ، في تحسين خصائص ومواصفات التربة ، ولكن وقبل تبني وتحمُّل مسؤوليّة وأعباء أيِّ عمل كهذا ، لا بدّ من دراسة تأثيرات انخفاض منسوب المياه الجوفيّة على هبوط التربة ، وعلى انكماش التربة الغضاريّة على وجه

الخصوص . تساهم المصارف المعدّة لتصريف المياه السطحيّة ، في زيادة ثبات التربة ، وفي رفع قدرتها التحميليّة .



الشكل (7 ـ 2) : تتحرّك المياه بعيداً عن الحفرة ، نتيجة استخدام طريقة التناضح الكهربائي .

ـ 2 . 4 . 4 التناضح الكهربائي :

ـ 2.4.4.01 : لا نستطيع في بعض الحالات ، تصريف مياه التربة ، بمعنى نزع المياه عن التربة بشكل مؤقّت ، إلاّ باستخدام الطاقة الكهربائيّة ، وذلك لدفع المياه باتّجاه الأقطاب السالبة ، المغروسة في آبار عميقة . ، يمثّل الأقطاب الموجبة ، قضبان معدنيّة تدق ضمن التربة ، أنظر الشكل (7 ـ 2) . يعدُّ الأسلوب هذا ، من الأساليب عالية الكلفة ، ويقتصر استخدامها عادة ، على التربة الغرينيّة .

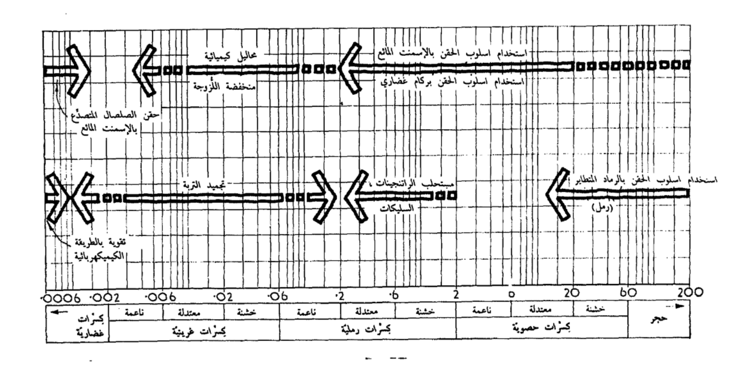
ـ 2 . 4 . 5 حقن التربة :

ـ 2.4.5.01 : من الممكن اليوم ، العمل على تحسين خواص معظم أنواع التربة ، بحقنها بواحدة أو أكثر ، من المواد اللاّصقة ، المندرجة ضمن التشكيلة الواسعة التي تضمُّها معاً . تعتمد الطريقة هذه بشكل أساسي ، على إعادة ملء بعض أو كافّة الفجوات الملأى سابقاً بالماء أو الهواء؛ بمواد جديدة، مصنّعة لتحقيق مقاصد بعينها . تساهم الطريقة هذه ، في تخفيض نفوذيّة التربة ؛ في زيادة مقاومة التربة ؛ أو في تحقيق كليهما معاً . يتحكّم بتقرير قابليّة تطبيق طريقة كهذه ، وتحديد مدى ملاءمتها أكثر من غيرها على تحقيق الغايات المطلوبة ؛ أبعاد الجزئيات المكوِّنة للتربة . هذا ، ومع الإزدياد المطرّد ، لأنواع اللّواصق

المتاحة في الأسواق المحلّيّة اليوم ؛ يستحيل علينا إعطاء معلومات مفصّلة في هذه العجالة . على أيٍّ حال ، تزوِّدنا اللوحة (4 ـ 2) ، بمعلومات أوّليّة ، تتيح لنا تبيُّن أنواع التربة ، التي من الممكن حقنها بمواد لاصقة . تستعصي التربة ذات الحبيبات الناعمة ، عن الإستجابة لمتطلّبات أسلوب الحقن ، وما يمكن عمله بالتربة الرمليّة أو الغرينية الأكثر نعومة ، هو قليل جداً ، إذا استثنينا الأساليب المعتمدة على تجميد التربة ، ومعالجتها بشكل مؤقّت ، لتقبُّل حقنها قسراً ، بمحاليل منخفضة اللُّزوجة . يتم في بعض الحالات ، ضغط التربة الغرينيّة ، وإحداث شبكة من الشقوق الملأى بمواد لاصقة غير نفوذة .

ـ 2.4.5.02 : تطبّق معايير مشابهة ، لتقسية التربة الغضاريّة كثيرة الصدوع ، كما يمكن أيضاً ، تصليد التربة الصخريّة ، بحقن شروخها وفجواتها ، بمواد لاصقة . على الرغم من محدوديّة استخدام طريقة التقسية الكهروكيمائيّة ، إلاّ أنّه يمكن استخدامها ، لتقوية التربة الغضاريّة المحيطة بالأوتاد . يعدُّ التعامل مع التربة ذات المواد الخشنة ؛ أكثر سهولة ؛ كما تعدُّ معالجتها أقلُّ كلفة . تستخدم المواد اللاّصقة ، على شكل مزيج معلّق ، مؤلّف من مواد (كالإسمنت ، الرمل ، الرماد المتطاير ، الغضار ، أو مستحلَب البيتومين) ، ومعاجين كالرمل أو الرماد المتطاير . يتم اختيار المزيج المعلّق المناسب ، وفقاً لأبعاد الثقوب ، الفجوات ، أو الصدوع المراد معالجتها . كما يمكن استخدام المواد اللاصقة ، التي هي على شكل محاليل متنوِّعة اللزوجة (كالسليكات ، الراتنجنيات وغيرها من المواد الكيميائيّة الأخرى) ؛ والتي يمكن لها أن تتحوّل إلى مادّة هلاميّة ، بعيد حقنها بفترة قصيرة .

ـ 2.4.5.03 : تعدُّ كافّة المعالجات آنفة الذكر ، من المعالجات الدائمة نسبيّاً ، إلاّ أنّ بعض المواد اللاّصقة ، تعدُّ أكثر ثباتاً من بعضها الآخر ، مما يجعل نطاق تراوحيّة الخصائص المحسّنة أكثر اتِّساعاً . يمكن التحقُّق من جدوى وكفاءة إجراءات الحقن ، من خلال إختبارات تجرى على أرض الموقع ، أو ضمن مخابر متخصِّصة . هذا ، ومن المهم أن نذكر أخيراً ، أنّ السيطرة المعرفيّة على أرض الموقع ، ذو أهميّة كبرى ، إذ لا بدّ من معرفة خبايا ومواصفات التربة ، لكي يتم اختيار أسلوب المعالجة الأكثر ملاءمة ، لطبقة التربة المرادف تقسيتها .



اللوحة (٤ ـ 2) : توضّح اللوحة معطيات التربة الأساسيّة ، التي يمكن من خلال الإحاطة بها ؛ اختيار الإسلوب التقني المناسب لتقويتها .

ـ 5 .2 مؤهلات المشرف وخطوات التحقق من جودة التنفيذ :

ـ 1 .5 .2 . مسؤوليات ومؤهلات مهندس اشراف :

ـ 2.5.1.01 : ينبغي على المتصدّي للإشراف على الموقع ، أن يكون مؤهّلاً وواعياً لكافّة الأحوال ، التي يمكن أن تكون عليها تربة الموقع ، كما ينبغي عليه أن يكون متأكّداً من دقّة تنفيذ كافّة التعليمات الصادرة عن المصمّم ، وبالتالي معرفة المقاصد وراء أيّ عمل ، سواء أكان تحضيرياً أم تنفيذياً ، كان المصمّم قد طلب القيام به . ولكي ينجح المشرف في مهامّه ، لا بدّ له من معرفة نوعيّة وخصائص تربة الموقع ، بما فيها أحوال المياه الجوفيّة ، كما لا بدّ من معرفة تأثير كافّة الأعمال التحضيريّة التي يقوم بها المتعهّد ؛ على بنية وخصائص تربة الموقع ، وعلى منسوب وأحوال المياه الجوفيّة . كما ينبغي أن يكون متأكّداً من كفاءة الأعمال التحضيريّة ، ومن جودة المنشآت المؤقّتة ، التي يحتاجها إنجاز المشروع ، وأنّ كافّة التعليمات والملاحظات ، تنفّذ بدقّة ، بما يضمن تحقيق السلامة ، وتجنّب إلحاق الضرر بالملكيّة . إنّ المعماري أو المهندس الإستشاري ، هما الشخصان المؤهّلان عادة ، للتصدي لمثل هذه المواضيع .

ـ 2.5.1.02 : يكتسب الإشراف الفعّال ، أهميّة استثنائيّة، أثناء تنفيذ كافّة أعمال تقصيّ تربة الموقع ، وذلك نتيجة طبيعة تلك الأعمال ، ولكونها معرّضة بشدّة ، لاحتمالات الخطأ . في حال كانت أرض الموقع ، ذات طبيعة خاصّة ، وكانت التربة متباينة المواصفات ، معقّدة التركيب ؛ فلا بدّ للمشرف أن يتحلّى بمواصفات خاصّة واستثنائيّة ، لكي يتسنّى له التصدي للمسؤوليات الملقاة على عاتقه .

ـ 2 .5 .2 قائمة التحقق :

ـ 2.5.2.01 : سنستعرض فيما يلي ، مفردات قائمة التحقّق ، ذات الأهميّة الخاصّة :

ـ 2.5.2.02 : تجري مراقبة أحوال التربة بعناية ، كما تدرس كافّة أجزاء الأرض التي يراد الإشادة عليها ؛ وفي حال ملاحظة أيّ تغيّر ذي مغزى ،

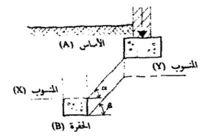
عن ما هو متوقّع أو مفترض له ، سواء أكان ذاك التغيُّر واضحاً أم ملتبساً ؛ يجري وفي الحال تقصّيه وتبيان تأثيراته ، على المنشأة وجملتها الإنشائيّة .

ـ 2.5.2.03 : تصمّم مصارف المياه السطحيّة ، وينفّذ أيّ عمل أو تدبير يقصد منه تخفيض منسوب المياه الجوفيّة ، بشكل يمكن معه تجنُّب إلحاق أيّ ضرر قد يصيب طبيعة وأحوال التربة السطحيّة . تساق المياه الجوفيّة ، التي يتم ضخّها ، سواء من برُك التجمُّع ، أو من أقنية وآبار ، تمّ حفرها في مواقع محدّدة ، بعيدة عن أماكن تواجد الحُفَر . إنّ مجموعة الإجراءات هذه ، تمنع تعرية الطبقة السطحيّة . تركّب مصافي عند ضخّ المياه الجوفيّة ، كي لا تنتزع الجزئيات الناعمة من بنية التربة . تبذل عناية خاصّة ، عند ضخّ المياه الجوفيّة ، بغرض تجنُّب إلحاق الأذى بالملكيات المجاورة ؛ ويحرص في حال تطبيق إجراءات تخفيض منسوب المياه الجوفيّة ، على إعادة المياه إلى طبقة قريبة ، عن طريق آبار الحقن[42] ، لكي نتجنّب الهبوطات الخطرة . ينبغي أيضاً التأكد من أنّ ارتفاع منسوب المياه الجوفيّة ، لأيٍّ سبب كان ، لن يؤدي إلى عوم المنشأة المشادة حديثاً .

ـ 2.5.2.04 : تتّصف الحفريّات غالباً ، بميولها المفرطة في الزيادة، كما تتّصف الدعامات المؤقّتة المستخدمة في تثبيت جوانب الحفريات غالباً بعدم الكفاية . لذا وباستثناء الحفريات البسيطة والثانويّة ، يجري التأكّد ، وعلى طول وعرض أرض موقع البناء ، من كلٍّ ما يمكن أن يشير إلى إمكانيّة زعزعة استقرار جوانب الحفريّة ، كتدهور التربة ، حركة الدعامات ، جيشان التربة السفلى ، أو ارتشاح المياه . كما ينبغي رصد الأخطار الناجمة عن تطبيق إجراءات تخفيض منسوب المياه الجوفيّة . وأخيراً ينبغي عدم التغاضي عن احتمال حدوث ظاهرة الصلصال العائم ، نتيجة الضغط الإرتوازي[43] ، والذي يمكن تجنُّبها ، بحفر آبار التنفيس[44] الشاقوليّة .

ـ 2.5.2.05 : يكتسب التنظيم أهميّة خاصّة ، إذ ينبغي إنجاز العمل بالتسلسل ، لما في ذلك من فوائد تتمثّل بضبط الهبوطات المتباينة ، أو تجنُّب تقويض الأساسات الجاهزة ، نتيجة تنفيذ حفريات لاحقة . تسهل مراقبة الأساسات إن هي غرست ضمن خنادق معدّة لاستقبالها ، حيث يتم استخدامها

لتلقي حمولات المنشأة الحديثة ، إلى جانب تلقيها لجزء من حمولات المنشآت المتواجدة أصلاً على الأرض ، المحاذية لحدود الملكيّة ، حيث قد يكون من الضروري في هذه الحالة ، إنشاء أساسات جديدة ، تساهم في زيادة كفاءة الأساسات المتواجدة أصلاً ، أنظر الشكل (8 ـ 2) .



الشكل (8 ـ 2) : يظهر الشكل كيفيّة إنشاء حفرة تحت منسوب أساس مجاور . في حال كان عمق الحفرة المطلوب للأساس (B) معلوماً ، فإنّه ينبغي تدعيم الأساس المجاور (A) ، المتواجد أصلاً على أرض الموقع ، وذلك حتى المنسوب «Y» (يتعلّق تحديد عمق المنسوب «Y» على قيمة الزاوية «β») . لكن إن كان الأساس «A» لم يركّب بعد ، فإنّ من الواجب ردم خلفيّة الأساس «B» ، بركام من البيتون العادي ، يصل عمقه حتى المنسوب «X»كحدٍّ أدنى (نعتمد في تحديد المنسوب «X» ، على قيمة الزاوية «∝») . تتحكم بقيمة زاويتي «∝و β» ، نوعيّة التربة وبعض الملابسات الأخرى ، بما فيها متطلّبات السلطات المحليّة .

تساوي كلاً من الزوايتين «∝ و β» في أغلب الأحيان «45°» .

ـ 2.5.2.06 : تنفّذ الأساسات على أعماق كافية ، لتتلاءم والظروف الفعليّة الخاضعة لها . تزال من التربة ، مواضع تجمُّع الجزئيات الناعمة ، حيثما كان ذلك ضرورياً . كما يصار إلى ردم الحُفَر مفرطة العمق ، بمواد مناسبة ؛ بغية إيصالها إلى عمق معقول . تُرْدَم قاع الحُفُر العميقة عادة ، بكميّة من البيتون المجبول .

ـ 2.5.2.07 : يقوم المشرف ، وذلك قبل مباشرة أعمال الصب ؛ بتفقُّد بُنى ومكوِّنات كافّة أساسات المبنى ، ينبغي على المشرف التنبُّه إلى أيٍّ تغيُّر يصيب أحوال التربة ، والمسارعة إلى المعاينة الموضعيّة للمناطق التي يشك بمخالفتها

للخصائص والمواصفات المفترضة ، وذلك بمساعدة المقوام [45] الجيبي . ينبغي على المشرف أيضاً ، حثّ القائمين على التنفيذ ، على إجراء كافّة الإختبارات التي تحدِّدها الجهات الرسميّة .

ـ 2.5.2.08 : ينبغي أن تكون التربة في الظروف الإعتياديّة ، تربة جافّة ، نظيفة وفي حالة جيِّدة . يمكن إفساد بنية التربة وبعثرة جزئياتها (خصوصاً الغضاريّة والطبشوريّة منها) ؛ بفعل المياه والطقس عموماً ، وكذلك بفعّاليّات المتعهد ، ونتيجة لما يقوم به من أعمال . لذا يوصي الخبراء ، بترك المسافة الأخيرة من الحفريّة ، والتي لا تقل عن (150m.m) ، لتنفّذ بالأيدي العاملة مباشرة ، وذلك قبل وضع القسم الأوّل من المنشأة الدائمة . تنفّذ قاعدة من البيتون المغموس المصمت بارتفاع (75m.m) ، في حالة إنشاء جدران من البيتون المسلّح . من الضروري أوّلاً ، تثبيت بنية التربة ، بقليل من الرصّ الخفيف .

ـ 2.5.2.09 : ينبغي الإنتباه وبذل المزيد من الجهد ، عند تنفيذ أعمال الصب تحت الماء . يقوم المنفِّذ بأعمال كهذه ، عندما تضطّره الظروف ، لصب الأوتاد والركائز في المكان .

ـ 2.5.2.10 : من المهم اختيار مواد مناسبة ، تصلح لردم ما تبقّى من أجزاء الحفريّة ، بعد تنفيذ المنشآت الدائمة . كما أنّه من المهمّ أيضاً ، اختيار المواد المناسبة لتشكيل مستويات وتدرُّجات أرض الموقع . تنفّذ أعمال الردم على طبقات ، حيث ترصُّ كلّ طبقة على حدى ، لضمان تماسكها . تستخدم عادة مواد ذات تدرُّج حبي جيِّد ، لردم الحفريّات الواقعة محاذيّة للأساسات المتواجدة أصلاً على أرض الموقع ، عدا تلك المتمثّلة ببلاطة الأرضيّة ، راجع الفقرة (2 . 5 . 2 . 05) ؛ والتي يصار إلى ردمها بكميّة كافية من البيتون العادي . يستخدم أحياناً ، نوع مناسب من التربة الغضاريّة في أعمال الردم هذه . تنفّذ أعمال رصّ التربة ، باستخدام المدحلة أو المِدَك ، إذ أنّ أساليب الرص ، عن طريق تعريض التربة للإهتزازات ، لا تستخدم إلّا في ردميّة حبيبيّة التركيب .

ـ 2.5.2.11 : ينبغي الإستعانة بخبير عند الضرورة ، خصوصاً في حالة الإشراف ، على أعمال لا يمكن تنفيذها ، إلّا بيد مختصِّين مهرة .

هوامش الفصل الثاني

١ - **صخر النايس** : ضرب من الصخور له تركيب شريطي أو ورقي غليظ يتكوَّن بالتحوُّل الإقليمي .

2 - **مستويات طباقية**: هي وصف لحالة تقسم فيها المستويات؛ صخوراً رسوبية ذات طبيعة حجرية واحدة أو مختلفة.

3 - **صخر طباقي** : صخر يتكوَّن من راسب متوضِّع ، يتصلَّب علىٰ هيئة طبقات .

4 - **طُفْل أو طفَال** : صخر رسوبي دقيق الحبيبات رقائقي ، يتكوَّن من جسيمات غرينية أو صلصالية الحجم ، ويتألَّف ثُلُثُه عموماً من الكوارتز ، والثُلُث الثاني من مادة صلصالية ، والثُلُث الثالث من معادن مختلفة تشمل الكربونات وأكاسيد الحديد والفلسبارات والمواد العضوية .

5 - **حجر طيني** : مكافىء متصلِّب للوحل علىٰ هيئة صخر رسوبي دقيق التحبُّب، كتلي ، ويحتوي علىٰ نسب متساوية تقريباً من الغرين والصلصال ، ويخلو من الترقيق الدقيق للطُّفال أو تفسُّخه .

6 - **طبقة** : أصغر وحدة من نسق صخري طباقي متميِّز بمستوىٰ واضح ، يفصلها عن جاراتها من أسفل ومن أعلىٰ .

7 - **تفلُّق** : تشقُّق الصخرة أو ميلها الى التشقُّق عبر مستويات متوازية شديدة التقارب في الصخرة نفسها .

8 - **فاصل**: كسر يمتد في الصخور، ولا يظهر أي اثر واضح لازاحة احدى كتلتي الصخور، على أحد جانبيه؛ بالنسبة لتلك التي على الجانب الآخر.

9 - **صَدْع**: كسر في الصخر ينزاح عليه سطحا الكتلتين المنفصلتين؛ ازاحة مختلفة. أو تعدلها؛ عنده.

10 - **شق**: انقطاع صغير يشبه الشدخ، مع حدوث فتح أو تزحزح بسيط لسطوح الكسر.

١١ - **ضغط المِحْمَل** : الحمل علىٰ سطح المِحْمَل مقسوماً علىٰ مساحته .

12 - **فجوة انبوبية** : الفعل الأكّال (التحاتي) للمياه المارّة خلال سدٍّ أو تحته ، والذي قد يتسبَّب في إحداث تسرُّب أو انهيار .

13 - **الفعل الشعري**: هو الفعل الذي يجعل سطح سائل يرتفع عند مكان تماسه مع جسم صلب أو ينخفض؛ وذلك بسبب التجاذب النسبي بين جزيئات السائل فيما بينها، وبينها وبين جزيئات الجسم.

14 ـ **زاوية الإرتكاز** : هي الزاوية بين الأفق ومستوى تماس جسمين ، عندما يوشك الجسم الأعلى أن ينزلق على الأسفل ، وتسمّى أحياناً زاوية الإستقرار والتي تعني أيضاً ، أقصى انحدار تتوقّف عنده كومة من أيّة مادة صلبة سائبة أو متفتّتة ، دون حدوث انزلاق ، أو تستقر عليه عند قلبها أو دلقها على منحدر .

15 ـ **طوفة أو لبيدة** : حجر جيري اسفنجي ، مسامي ، ينشأ من الترسّب من ينابيع تبخريّة ، أو مياه نهرية متبخّرة ، ويتم ذلك عادة على سطوح أوراق وجذوع النباتات المجاورة .

16 ـ **قساوة أو جسوءة** : نسبة قوّة مستقرّة مؤثّرة في وسط مرن قابل للتشوّه ، إلى الإنزياح الحاصل .

17 ـ **صلادة** : وصف للمادة المدمجة الصلبة التي يصعب تشويهها (تغيير شكلها) .

18 ـ **مرل** : يتشكّل المرل من مادة متهالكة ترابية تتكوّن أساساً من الصلصال وكربونات المغنزيوم والكلسيوم .

19 ـ **صلصال طمي** : مواد غضارية ترسّبت بفعل المياه الجارية .

20 ـ **طُفال رملي أو رمل طيني** : خليط من التربة يتكوّن من الرمل والغرين والصلصال والدُّبال .

21 ـ **الكويبري** : مرحلة أوربية من الزمن الجيولوجي وخاصّة في المانيا ويكافىء الترياسي العلوي .

22 ـ **حجر صلصالي** : صلصال قاسٍ يغلب على تركيبه مادة دقيقة الحبيبات ، معظمها من معدن صلصالي .

23 ـ **طيس أو لوس** : غرين جيري غير طباقي وغير متصلّب أساسا ، وهو غالبا متجانس ، منفذ للماء ذو لون بين اللحمي والرمادي ، وتحتوي على درن جيري وأحافير .

24 ـ **غليان أو فوران صقيعي** : هو تحرر كميات ضخمة من الماء؛ نتيجة ذوبان مياه متجمدة، ضمن فراغات تربة مجاشة؛ مما يؤدي لاحقا الى تلين التربة.

25 ـ **خث أو تُرْب** : بقايا ذات لون أسمر داكن أو أسود ، تكوّنت من التفكُّك الجزئي وتفتُّت الحشائش والأشجار والنباتات الأخرى ، التي تنمو في المستنقعات والأماكن الرطبة الأخرى .

26 ـ **الدُّبال** : مادة غروانيّة توجد في التربة ، لا بلّلوريّة ، دكناء اللون عادة ، وهو مادّة مركّبة من أجزاء من مادة عضويّة ذات أصل نباتي أو حيواني أو ميكروبي شديد المقاومة للتفكُّك .

27 ـ **دبش** : كسارة أحجار غير منتظمة وحتات من أنقاض بناء .

28 ـ **أساليب التفريغ** : وتستخدم فيها مضخة تفريغ، وهي عبارة عن مضخة بسيطة لازالة الطين أو الرمل المبتل، وتتكون من اسطوانة مجوفة مزودة عند قاعها بصمام ذي كرة.

29 ـ **الأساليب الجيوفيزيائية** : تطبيق مبادىء الفيزياء والرياضيات في أعمال التنقيب الجيولوجيّة لاكتشاف خصائص مصادر الخامات المعدنيّة في الصخور الكامنة في الأجزاء العليا من قشرة الأرض .

30 ـ **تجربة اختراق المخروط**: هي تجربة تهدف الى قياس مقاومة التربة، لمحاولة اختراقها من قِبَل جسم مخروطي الشكل.

31 ـ **سبر صوتي أو سبر مقاومة الإختراق** : اختبارات تحت سطح الأرض ترصد فيها المقاومة الإختراقيّة للمادة الموجودة على السطح دون حفر الثقوب فيها ، وذلك بدفع قضيب في الأرض أو باستعمال مقياس الإختراق .

32 ـ **مخروط معياري**: مخروط نظامي من حيث الأبعاد والحمولات.

33 ـ **أنبوب العينات**: اسطوانة ذات طرف قاطع ، على هيئة معلقة تستخدم في أخذ عينات من التربة.

34 ـ **بيزومتر**: مقياس للضغط أو درجة الانضغاطية التي عليها جسم أو كتلة ما.

35 ـ **مِقْوام أو مقياس الإختراق** : جهاز يستعمل لتعيين قوام مادة ما ، بقياس العمق الذي تخترقه فيها إبرة قياسيّة في ظروف قياسيّة .

36ـ **تشذُّر** : عملية بلى سطح الصخر وصقله بالماء المتدفّق المحمّل بالرمل .

37 ـ **رافعة قادوسيّة** : سلّة أو سطل أو عربة مفتوحة لرفع المواد ، مركّبة رأسياً أو على مستوى مائل ، وتتحرّك على عجلات أو قضبان أو أعمدة ، وترفع بواسطة كبل .

38 ـ **قادوس الصب المائي** : جهاز لوضع البيتون تحت الماء ، يتكوّن من أنبوب معدني كبير مزوّد بقادوس في طرفه العلوي وترتيبة صمامية عند طرفه السفلي المغمور في الماء .

39 ـ **أنبوبة التجفيف** : إحدى مكوّنات نظام التجفيف بالآبار ، تتكوّن من أنبوبة مثقّبة ، طولها عادة (4) أقدام (1.2 m) وقطرها إنشان (5 C.m) تقريباً ، ومزوّدة بصمّام كروي ومصفاة ونهاية نافوريّة ، أنظر الشكل المرفق .

40 ـ **كهرنضحيّة أو تناضح كهربائي** : حركة سائل في حقل كهربائي بالنسبة لدقائق غروانيّة مثبّتة في غشاء مسامي أو في أنبوب شعري وحيد .

41 ـ **تحزيق**: حَزْم مجموعة ما، باستخدام أدوات ملولبة مثل المسامير والصوامل والاجوطة.

42ـ **بئر الحَقْن** : بئر تستخدم مصدراً للمياه في عمليّة التشبيع الإصطناعي .

43 ـ **ضغط ارتوازي**: هو صفة لمياه جوفية ذات ضغط كاف لرفعها الى الاعلى تلقائيا.

44 ـ **بئر تنفيس أو تصريف** : بئر لتصريف المياه من طبقة نفوذه لتخليص السطح من الإغراق بالمياه .

45 ـ **المِقْوام الجيبي**: جهاز يستعمل لتعيين قوام مادة ما، بقياس العمق الذي تخترقه فيها ابرة قياسية في ظروف قياسية.

الفصل الثالث
أنواع وتفاصيل جدران الحجز الترابي

ـ 3.0 المقدمة :

يتناول الفصل هذا ، المنشآت المصمّمة لحجز الأتربة ، أو بالأحرى ، المنشآت المتلقية للضغط الجانبي ، المتولّد عن التربة ، بما فيها تأثيرات المياه الجوفيّة ، وتأثيرات الحمولات المطبّقة على سطح الأرض الطبيعيّة .

ـ 1. 3 ضغط التربة :

ـ 1 . 1 . 3 أنواع ضغط التربة :

ـ 3.1.1.01 : يولِّد انتصاب وجه التربة ، وفق زاوية ميل أشدُّ انحداراً من زاوية ميل الإسترخاء الطبيعي للتربة ، ضغطاً على المنشأة الحاجزة لها . يظهر هناك حدَّين للضغط .

آ ـ الضغط الفعّال : وهو الضغط المتولِّد بحدِّه الأصغري ، ويظهر عندما تتحرّك المنشأة بشكل كاف ، بعيداً عن التربة ، حيث يتصدّى الضغط المتولِّد ، لكافّة قوى القص المتولِّدة ضمن التربة ، مانعاً إيّاها من التحرك باتِّجاه الخارج .

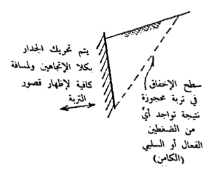
ب ـ الضغط السلبي : وهو الضغط المتولِّد بحدِّه الأعظمي ، ويتولّد عندما تتحرّك المنشأة بشكل فعلي إلى داخل التربة ؛ حاشداً بذلك المقاومة القصيّة الإجماليّة للتربة ، بهدف مواجهة حركة التربة باتِّجاه الداخل .

تدعى الحالة الوسطيّة بحالة الضغط الساكن ، وهي حالة تظهر عند تحرُّك منشأة الحجز ، لمسافة ضئيلة جداً .

ـ 3.1.1.02 : تصمَّم الجدران المرنة ، كالجدران المستقلّة ، الثقاليّة ، الجدران الظفريّة ، وكذلك كافّة الخوازيق الستاريّة ، الحديديّة منها والخشبيّة ؛ على أساس تحمُّلها لضغط مساو للضغط الفعّال . تستخدم قيمة الضغط عند السكون ، فقط عند تصميم الجدران غير المطواعة نسبيّاً . كالجدران المحمولة على بلاطات الأرضيّة . يستخدم الضغط السلبي ، أو المقاومة السلبيّة ، عند حساب مقاومة وجه التربة للضغط المطبّق ، كالحسابات الجارية لمنع انزلاق جدار أو قاعدة .

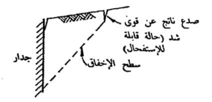
ـ 2. 1. 3 حساب ضغط التربة :

ـ 01. 2. 1. 3 : تفترض النظريات الرياضيّة المبكِّرة الخاصّة بحساب ضغط التربة ، أنّ التربة مادة سائبة جافّة ، وأنّ الضغط الفعّال أو السلبي ، يمكن تبيُّنه ، عندما تتحرّك التربة بشكل كاف ، كاشفة سطوح الإخفاق ، أنظر الشكل (1-3) .



الشكل (١ ـ 3) : يعطي فكرة عن نظريّة ضغط التربة .

يتناقص الضغط الفعّال في الواقع ، عند تماسك التربة ، في حين تزداد قيمة الضغط السلبي . يمكن أن تنتصب التربة المتماسكة شاقولياً لمسافة محدودة . كما يحصل في شدوخ الشد(١) ، التي تتشكّل خلف جدار الحجز الترابي ، تحت تأثير الضغط الفعّال ، أنظر الشكل (2ـ3) . لا علاقة للشقوق هذه ، بشقوق الإنكماش المشاهدة على التربة الصلصاليّة .



الشكل (2 ـ 3) : يظهر الشكل صدوع الشد في تربة غضاريّة محجوزة .

ـ 3.1.2.02 : تطوّرت النظريات هذه ، لتوضع في قوالب عمليّة ، آخذة بعين الإعتبار ، الميول في سطوح التربة المحجوزة ، وميول المنشأة ذاتها ، وكذلك الإحتكاك أو درجة التلاحم ما بين المنشأة والتربة . تعطى قيم الضغوط العموديّة على سطح الجدار عادة ، وفق المعادلات العامّة التالية :

الضغط الفعّال P_a :

المعادلة الأولى $P_a = K_a . P_o - K_{ac} . C_o + P_w$

الضغط السكوني P_h :

المعادلة الثانية $P_h = K_o . P_o + P_w$

الضغط السلبي P_p :

المعادلة الثالثة $P_p = k_p . P_o + K_{pc} . C_o + P_w$

حيث :

P_o = الضغط الشاقولي الفعّال في التربة ، أنظر الفقرة (1.4.1.05) .

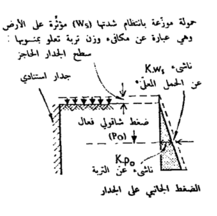
P_w = الإجهاد المحايد والمساوي لـ $(Y_w . h_w)$ ، أنظر نفس الفقرة السابقة .

C_o = درجة التلاحم ، أي قيمة إجهاد القص تحت تأثير حمولة عموديّة تساوى الصفر .

تؤخذ كافّة القيم هذه ، عند العمق المعني بالدراسة . للحصول على الضغط الأفقي ، يحسب ناتج جداء الضغط الشاقولي «P_o» بالعامل «k» . تؤخذ قيم العوامل : $K_a, K_{PC}, K_P, K_O, K_{ac}$ ، وفقاً لخصائص التربة (درجة التلاحم C_o وقيمة زاوية الاحتكاك الداخلي Ø) ؛ لدرجة احتكاك الجدار (تلاحمه) ؛ ووفقاً لدرجة ميول السطوح .

ـ 3.1.2.03 : يمكن أن يتواجد لضغط التربة أيضاً ، مركبّات تعمل موازية لسطح الجدار . يمكن أن تعوّض الحمولة المطبقّة ، بزيادة ارتفاع التربة ، إلى أن تصل إلى حجم مكافىء في وزنه لقيمة الحمولة المطبّقة ، أنظر الشكل (3ـ3) . تعالج في بعض الأحيان ، تأثيرات ميل سطوح الأرض الطبيعيّة على الجدار الإستنادي ، معالجة الجدران المتلقية لحمولات مستندة على مستوي قمّة الجدار الحاجز ، والتي تغطى عادة ، بتغيير يصيب قيم العامل «K» ، المقترنة قيمته المعياريّة بالسطح الأفقي . تمثّل الحمولة المرتكزة على مستوي قمّة الجدار الإستنادي ، أيّة حمولة مطبقة على سطح التربة .

ـ 3.1.2.04 : تعطينا المعادلة الأولى ، لتربة متماسكة ، ضغطاً تربيّاً ذي قيمة سالبة (باستثناء P_w) ؛ متجهاً للأسفل إلى عمق مقدّر . يمكن التغاضي عادة



* : الحمل المعلق: الحمل المرتكز على مستوى قمة جدار استنادي.

الشكل (3 ـ 3) : يظهر الشكل التوزُّع النموذجي للضغط على جدار استنادي (الحالة هذه حالة تربة غير متماسكة) .

عن قيمة الضغط هذا ، بسبب أنّ مقاومة التربة للشد محدودة وملتسبة القيمة ، إلاّ أنّ ضغط التربة ، تُفتَرض قيمته عند العمق هذا ، مساوية للصفر . هذا يعني أنّ قيمة «P_w» فقط ، هي التي تسبِّب تصدُّعات ناشئة عن قوى الشد . لا يمكن لأغراض تصميميّة ، السماح مطلقاً بأن تكون منسوب المياه الجوفيّة في التربة الصلصاليّة ، أخفض من السطح العلوي للصلصال ، مالم يزوّد ظهر الجدار ، بمصارف كافية .

ـ 3.1.2.05 : بوجود مواد غضاريّة إلى القرب من سطح التربة ، يُفتَرض نقصاناً في المعادلة الثانية ، تغطيّة لاحتمالات انتفاخ التربة السطحيّة ، حيث تأخذ قيمة «K_o» ، مقداراً أصغر من الواحد . تتراوح قيمة (K_o) عادة ما بين (0.4-0.6) للتربة غير المتماسكة ، بينما تتراوح قيمة «K_o» ، ما بين (0.75 ـ 0.6) ، وذلك عند عمق محسوب ؛ لتربة صلصاليّة نظاميّة التماسك . لكن يمكن للعامل «K_o» ، أن يتخّذ مقداراً يزيد عن الواحد ، إن كانت جزئيات التربة الصلصاليّة ، منتظمة وعالية التماسك . تصل قيمة العامل «K_o» ، في تربة لندن الصلصالية إلى حوالي (3.5) .

ـ 3.1.2.06 : يراعى عند التصميم : إمكانيّة انخفاض قيمة «C_0» العائدة لتربة متماسكة ، نتيجة تعرُّضها للتلينٍ طويل الأجل . هذا ، وضمن ماهو مشاهد من أنواع التربة الصلصاليّة ، تتصرّف التربة في آخر المطاف ، تصرفاً يشابه في الواقع ، تصرُّف التربة المفككّة ، فتتخّذ بذلك «C_0°» ، قيمة تساوي الصفر ، بينما تتخذ (∅) ، قيمة تساوي (20°) ، وذلك عند حساب كلٍّ من الضغطين السلبي والفعّال ؛ على أن يضبط محتوى التربة من المياه ، بما يتناسب وحالة الضغط .

اللوحة (1 ـ 3) : توضّح اللوحة قيم معاملي الضغط الفعال «Ka» والضغط السلبي «الكامن» ، «Kp» ، الواقعين على جدار استنادي .

تربة غير متماسكة soil ($c_o = 0 \therefore K_{ac}.C_o = 0$, etc)	تربة غضارية (∅= 0)
$K_a = 0{\cdot}15$ to $0{\cdot}50$	$K_a = 1$ $K_{ac} = 2{\cdot}0$ to $2{\cdot}8$
$K_p = 2{\cdot}0$ to $12{\cdot}0$ (but mostly $< 6{\cdot}0$)	$K_p = 1$ $K_{pc} = 2{\cdot}0$ to $2{\cdot}6$

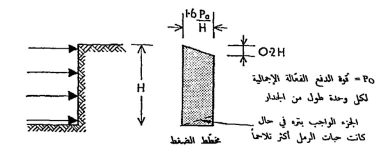
ـ 3.1.2.07 : نجد المعلومات العامّة ، الخاصّة بالضغوط المتولّدة عن التجمُّع الترابي ، والمتطلّبات التصميميّة في ($CECP_2$) ، كما نجد معطيات إضافية ضمن كتاب معنون بـ«REYNOLDS» . يتطلّب اختيار قيم تصميميّة مناسبة ، مهارة فائقة ، خصوصاً مع أنواع التربة المتماسكة . لكن وكما يرشدنا الدليل ، تقع قيمة العامل «K» ، لضغوط سلبيّة وفعّالة ، مطبّقة على جدار شاقولي ، مشاد على سطح أرض أفقيّة ؛ متراوحة ما بين قيم نراها موضحة ضمن اللوحة (1ـ3) . يقدِّم «$CECP_2$» ، نصيحة مفادها ، أنّه لا ينبغي أن تقل قيمة «P_a» لتربة متماسكة عن ($4.6\ KN/m^2$) ، لكلٍّ متر عمق .

ـ 3.1.2.08 : تفيد المعادلات «الأولى والثانية والثالثة» ؛ بأنّ الضغوط تتزايد طرداً مع العمق ، أنظر الشكل (3−3) . مع الحفريات المدعّمة بقوائم انضغاطيّة ، وبوجود جدران على شكل خوازيق تثبيت ستائريّة ، حيث تظهر

المطاوعة المحلِّيَّة للمنشأة ؛ يتزايد الضغط الفعّال ، ويعاد توزيعه ، أنظر الشكل (3_4) . وسّع بعض المهندسين المسألة هذه ، لتطال الجدران الصلدة ، والضغوط عند الراحة .

ـ 3.1.2.09 : عندما تكون التربة المحجوزة ، تربة ردميّة وليست بطبيعيّة ، فإنّ مُعامِلات التصميم ، يمكن أن تقيّم بشكل شبه تجريبي . يمكن أن يسبِّب تجمُّد التربة في بعض الحالات ، سلسلة من المشاكل .

ـ 3.1.2.10 : يمكن أن يرفع الإهتزاز أو تدفُّق المياه الجوفيّة ، من الضغط الواقع على التربة ؛ زيادة ضخمة ، ويقلِّص من مقاومتها الإنفعاليّة .



الشكل (4 ـ 3) : يظهر الشكل الطريقة النموذجيّة لإعادة توزيع الضغط على حفرة مدعّمة (تربة رمليّة) .

ـ 2. 3 متطلبات التصميم العامة :

ـ 3.2.1 تأثير المياه في الأرض الطبيعية :

ـ 3.2.1.01 : يمكن أن يرفع تواجد المياه خلف منشأة الحجز الترابي ؛ من الضغط الجانبي ، كما يمكن للمياه أيضاً ، تخفيض الطاقة التحميلية للأرض الطبيعية الواقعة تحت قاعدة الجدار ، وإنقاص مقاومتها لقوى الإنزلاق ، كما يمكن لهذه المياه ، إن سنحت لها الفرصة ، لأيٍّ سبب كان ، التغلغل والنفوذ إلى داخل

المنشأة ، مما سيؤثّر على متانة المنشأة ، ويساعد على تشوُّه السطح ، أو ظهور العديد من المعايب الأخرى . لهذا يتخّذ إجراء يتم فيه تركيب مصارف ضمن الردميّة الخلفيّة ، الواقعة خلف جدار الحجز الترابي ، وأيضاً في حال الضرورة ، عند مسند قاعدة الجدار المستقل . لمزيد من التفاصيل ، يمكن الرجوع إلى «$CECP_2$» .

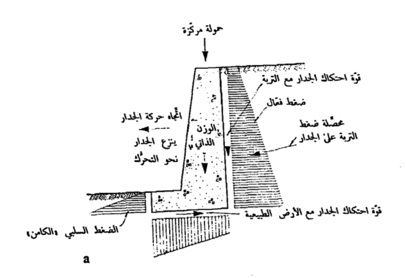
ـ 3.2.1.02 : ما لم نؤمِّن لنظام التصريف صيانة ، تضمن له دوام الفعّاليّة ، فلابدّ من التنبُّه إلى افتراض حتمي مفاده ، أن المياه لابّد لها من التواجد خلف أيِّ منشأة ، مشادة لحجز التراب ، عند طور ما من حياة تلك المنشأة ، حتى وإن أشيدت على مواقع جافّة . فعلى سبيل المثال ، يؤدِّي التراكم التدريجي للمياه الجوفيّة والسطحيّة ، إلى تكوُّن سدًّ أو بركة للمياه . هناك إجراء شائع ، يفترض أن سبر التربة ، لا يمكن أن يشير إلى الحاجة الملحّة ، التي تدعو إلى إشادة جدران بارتفاع طابق ، لمنع تسرُّب مياه جوفيّة ، منسوبها يصل الى ارتفاع يساوي ثلث ارتفاع جدران الإعاقة هذه . يمكن في حالة التربة الصلصاليّة ، إنشاء جدران إعاقة بارتفاع أكبر .

ـ 2. 2. 3 مبدأ التصميم الانشائي :

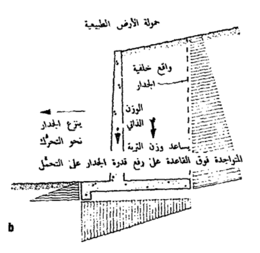
ـ 3.2.2.01 : تصمّم منشأة حجز الأتربة ، بما يجعلها أهلاً لمقاومة : عزوم الإنعطاف ، قوى القص ، وإجهادات الضغط أو الشد المتولِّدة عن كافّة القوى الشاقولية والجانبية ، وبذا تغدو الحمولات ، هي المسيِّر الحقيقي لإجراءات التصميم الإنشائيّة ، التي تنتظم وفق الأسس المعياريّة ، المحدَّدة لاستخدامات مادّة الإنشاء المقترحة . وكما هو الحال في الجدران التأسيسيّة ، يستخدم في إنشاء جدران الحجز الترابي ، الخلطات البيتونيّة الجيِّدة ، والغطاء التسليحي المناسب ، أنظر أيضاً الفقرات اللاحقة الخاصّة بطرق إنشاء الأقبية والجدران الرقائقيّة . يلاحظ أن إجهادات الشد المسموح بها ضمن الجدران المشادة من البلوك ، الحجر ، أو البيتون العادي ، لا ينبغي لها أن تتجاوز ماهو محدّد لها في ($CECP_2$) ، وهي تعليمات تجيز تواجد إجهادات شد محدّدة المقدار ، ومقيّدة بظروف معيّنة . يحظرّ تماماً ، استخدام مجمل تلك المواد ، في إنشاء منشآت حجز التربة ، إن كان هناك إمكانية لتولّد قوى ناتجة عن ضغط المياه .

يتحمل الحديد المستخدم في تسليح بيتون منشأة حجز الأتربة ؛ مجمل إجهادات الشد ، وبذا نضمن التوصُّل إلى منشأة سدودة ، لا تسمح بنفوذ المياه . يستخدم لهذه الغاية ، الفولاذ القابل للطرق .

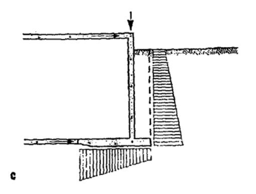
ـ 3.2.2.02 : ينبغي أيضاً تحقيق استقرار وثبات المنشأة من كافّة النواحي ، وأن يكون هذا الثبات مرضياً ، فيما يتعلّق بالإنقلاب ، الإنزلاق ، والضغط المطبّق على الأرض الطبيعيّة ، الواقعة تحت أساس الجدار الاستنادي هذا . تنص تعليمات (CECP) ، على ضرورة استخدام عامل أمان مساو لـ (2) ؛ لمقاومة القوى الداعية إلى انقلاب وانزلاق جدران حجز الأتربة ، على الرغم من أنّ توصيات معظم المراجع المختصّة الأخرى ، لا تطالب بأكثر من عامل أمان مساو لـ (1.5) ، خصوصاً فيما يتعلّق بجدران حجز الأتربة المؤقّتة . يمكن مقاومة قوى الإنزلاق ، من خلال إيجاد ظروف تدعوا لظهور ضغط انفعالي في التربة ، ظهور قوى احتكاك مابين الجدار وقاعدته ، أو ما يدعوا إلى تعزيز تماسك جزيئات الصلصال مع بعضها البعض . كما يمكن أيضاً ، استخدام دعامات إنشائيّة ، لمنع حدوث انزلاق جدران حجز الأتربة . لاينبغي إغفال إمكانيّة حدوث انزلاق دوراني ، أنظر الفقرة (1.5.2.05) ؛ ولو أنّ الظاهرة هذه ،



الشكل (5 ـ 3 ـ آ) : يظهر الشكل القوى العاملة على جدار استنادي ، مشاد من كتل بنائيّة .



الشكل (5 ـ 3 ـ ب) : يظهر الشكل القوى العاملة على جدار استنادي ظفري .



الشكل (5 ـ 3 ـ جـ) : يظهر الشكل القوى العاملة على جدار استنادي يشكِّل جزءاً من قبو .

تظهر كمشكلة فقط في حال كانت التربة جيِّدة التماسك ، وبالتالي يحتاج الأمر لحلِّها إلى عامل أمان مساو لـ (1.5) .

ـ 3.2.2.03 : توضِّح الأشكال (5 ـ 3 ـ آ) ، (5 ـ 3 ـ ب) و (5 ـ 3 ـ حـ) ، القوى العاملة على جدران نموذجيّة ، أشيدت لتستخدم كمنشآت لحجز الأتربة .

ـ 3. 3 أنواع منشآت حجز الأتربة :

ـ 3.3.0.01 : يمكن تقسيم النماذج الرئيسيّة لمنشأة حجز الأتربة من الناحية التنفيذيّة إلى مايلي :

أولاً ـ المنشآت المؤقّتة : كالمنشآت المشادة لدعم جوانب الحفريات ، وسدود الإنضاب ، وهي أمور تخصُّ وتُشْغِل المتعهِّد بالدرجة الأولى ، وإن كان على المعماري الإطِّلاع عليها ، للموافقة على مقترحات المتعهِّد في هذا الخصوص .

ثانياً ـ المنشآت الدائمة : كجدران الأقبية ، والجدران المنفصلة المشادة لحجز الأتربة . هناك بعض المنشآت ، كالجدران الرقائقيّة ، يمكن لها أن تؤدِّي كلا الوظيفتين .

ـ 1. 3. 3 : تدعيم جوانب الحفريات :

ـ 3.3.1.01 : لابدّ من إيجاد طرق ما ، لتدعيم جوانب كافّة الحفريات قليلة العمق ، ما عدا الحفريات المنفّذة على شكل مقطع مفتوح ، إلى جوانب منحدرة خلفيّاً ، مشكِّلة انحداراً متماشياً مع زاوية انحدار التربة ؛ وتلك المنفّذة في أرض صخريّة .

ـ 3.3.1.02 : حتى التربة الصخريّة ، لابدّ أحياناً من تدعيمها ، إن اتّصفت هذه التربة بضعفها ، نتيجة احتواء صخورها على صدوع ، أو لوحظت عليها آثار العوامل الجويّة . يمكن تجاوز الأخطار المحتملة أحياناً ، من خلال تصرُّفات إجرائيّة بسيطة ، كأن نبقي التربة المتماسكة ، منتصبة شاقولياً ولعمق محدّد . إلاّ أنّ هذا الإجراء ، يبقى إجراء مؤقتاً ، إذ سرعان ما تتحوّل جوانب الحفريّة المتماسكة ، إلى جوانب قابلة للإنهيار ، نتيجة تأثُّرها بالعوامل الجويّة والمياه .

ـ 3.3.1.03 : إنّ المشاكل الأخرى الناشئة عن أعمال الحفر ضمن الموقع : كانخفاض منسوب المياه الجوفيّة ، صدُّ المياه عن الحفريّة ، وضخّها بعيداً عنها ، طرق التعامل مع المنشآت الملاصقة للحفريّة ، والإحتياطات العامّة

الواجب توفُّرها ، كلُّ ذلك تم مناقشته بشيء من التفصيل ، في كتابنا «أنواع الأساسات وطرق تجهيز مخططاتها التفصيليّة» .

ـ 04 . 3.3.1 : يُعْتمد في اختيار النوعيّة والشكل الملائم للدعامات المستخدمة في تثبيت جوانب الحفريّة ؛ على معرفة ظروف الحفريّة ، والملابسات المحيطة بها . تستخدم طريقة تصفيح وجه التربة (وهي طريقة للتدعيم يتم فيها استخدام عناصر إنشائيّة خشبيّة ، توضع في مواجهة جدران الحفر) ؛ لتدعيم حفر ضحلة العمق ، ذات تربة متماسكة ، كما تستخدم لتدعيم أنواع من الحفر المنفّذة في تربة صخريّة ضعيفة . يمكن في الحالة السابقة ، استخدام عناصر إنشائية خشبّية منفصلة ، بينما قد نضطر في حالات أخرى ، إلى استخدام عناصر إنشائيّة خشبيّة متّصلة . سنناقش فيما يلي ، نُظُم التدعيم الرئيسيّة المستخدمة في تثبيت جدران الحفريات .

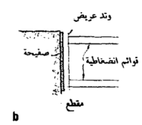
الشكل (6 ـ 3 ـ آ) : تثبّت الألواح الركائزيّة ، بأضلاع رابطة وبقوائم انضغاطيّة .

ضلع رابط
قوائم انضغاطية
لوح ركائزي
مقطع
a

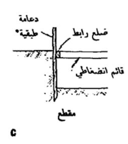
ـ 2. 3. 3 التصفيح الخشبي :

ـ 3.3.2.01 : في الحفريات ذات الأعماق الضحلة خصوصاً ، ما تزال طريقة التصفيح الخشبي ، هي المستخدمة في أغلب الأحيان . يمكن استخدام الألواح التي على شكل صواري منتصبة شاقولياً ؛ إن مكّنت التربة من إجراء حفريّة ، تكون فيها جوانب الحفريّة ، منتصبة شاقولياً ، لعمق تساوي مسافته ارتفاع ألواح الصواري الخشبيّة ، أنظر الشكل (6 ـ 3 ـ آ) . أما إن كان انتصاب جوانب الحفرية شاقولياً ؛ لن يتعدّى عمقاً بسيطاً ، فإنّ طريقة التدعيم باستخدام

الألواح الأفقيّة ، ستكون هى الأجدى ، انظر الشكل (6 ـ 3 ـ ب) . هذا ، وبشكل عام ، غالباً ما تدق دعامات طبقيّة شاقوليّة[2] ، لتثبيت جوانب الحفريات ، خصوصاً إن كانت التربة ضعيفة جداً ، أنظر الشكل (6 ـ 3 ـ حـ) .



الشكل (6 ـ 3 ـ ب) : تثبّت الصفائح الأفقيّة بعوارض ملحومة وبالقوائم الإنضغاطيّة .



الشكل (6 ـ 3 ـ جـ) : توضع العناصر الأفقيّة (الأضلاع الرابطة) في مكانها أوّلاً ، وذلك لكي تتيح المجال لدقّ الأوتاد العريضة بشكل شاقولي .

* : دعامة طبقية: مجموعة الواح خشبية مكوم بعضها فوق بعض، لتكوّن دعامة تمنع انهيار حفرة.

في كلّ حالات التدعيم (الخشبية منها عادة) ، تكون عناصر الدعم الخشبية ، عناصر مضافة . فكما يمكن للحفريّة أن تتزايد عمقاً ، كذلك يمكن لعناصر الدعم الخشبيّة ، أن تضاف عنصراً وراء آخر ، مرتكزة على العناصر السابقة لها . وبهذا تفترض العناصر الداعمة ، أنّ تنفيذ الحفريّة ، يتناول الأطراف ، لينتهي الأمر إلى خندق ، حيث تترك التربة المتواجدة في وسط الحفريّة الضخمة ، أو تنهال عليها الأتربة ، لكي يتسنى إنجاز الدعم الذاتي ، لمنشآة الحجز الترابي ، أي بمعنى آخر ، يبقى الأمر في الوسط على ماهو عليه ، لكي يتيسر للمنفّذ ، نصب الدعامات الإنضغاطيّة الأفقيّة ، الداعمة للعناصر الشاقوليّة ، المستخدمة في تثبيت جوانب الحفريّة . يمكن دعم وتثبيت العناصر الشاقوليّة ، المستخدمة في تثبيت

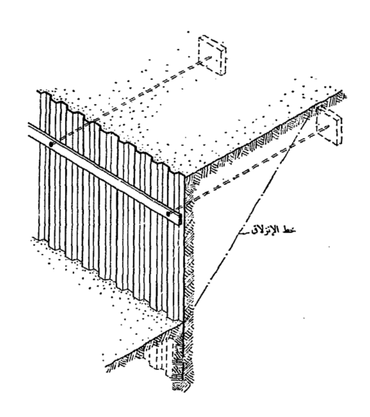
جوانب الحفريّة ، بطريقة أخرى ، كأن تستخدم الركائز المائلة في دعمها ، عوضاً عن الدعامات الإنضغاطيّة الأفقيّة .

ـ 3 . 3 . 3 . عرض لأساليب أخرى لدعم جوانب الحفريات :

ـ 3 . 3 . 3 . 01 : هناك الآن اتجاه سائد في دعم جوانب الحفريات ، يعتمد على استخدام طريقة تصفيح الخنادق ، بصفائح معدنيّة (أوتاد صفائحيّة خفيفة الوزن) ، وذلك عوضاً عن الدعامات الخشبية الطبقيّة . يمكن في الحفريات العميقة ، غرز أوتاد صفائحيّة ثقيلة الوزن ، أنظر الفقرة اللاحقة ؛ أو صفائح أفقيّة من البيتون المسلّح مسبق الصب ، أو المصبوب في المكان ، بالإشتراك غالباً ، مع دعامات فولاذيّة . يمنك تصنيع الدعامات العميقة من مقاطع معدنيّة ، حيث تغرز دقاً في التربة ، أو توضع في أماكن تواجد فتحات ، قد سبق حفرها . يمكن العودة لاستخدام العناصر الإنضغاطية الداخليّة ، بما يتوافق مع مثبّتات سطح التربة ، المتواجدة ضمن التربة ، فيما وراء عناصر التصفيح . يمكن استخدام روابط بسيطة ، تربط إلى كتل التثبيت الخشبية ، في المناطق الواقعة إلى القرب من سطح التربة ، إلا أنّ العادة قد جرت ، على حفر الفتحات ضمن تربة الموقع ، إلى المناسيب المطلوبة ، حيث يصار بعدئذ إلى تثبيت الأكبال ضمنها ، بحقن الحفر وضمنها الأكبال ، بمواد لاصقة حسنة التماسك . تجرى تجارب الشد على الأكبال هذه ، لمعرفة مدى تحمُّل الصفائح الساندة لإجهادات الشد . تعمل تلك الأكبال على تقليص حركة الصفائح المعدنيّة نحو الداخل ، إلى حدِّها الأدنى . من المتعذِّر عمليّاً ، تجنُّب حركات كهذه ، باستخدام الدعامات الإنضغاطيّة الداخليّة ، مما يسبِّب سلسلة من الهبوطات ، تصيب التربة المحيطة بالحفريّة . يمكن إشراك دعامات مؤقّتة ، كالأوتاد الصفائحية ، الأوتاد المفرّغة[3] طولياً والجدران الرقيّة[4] ، ضمن بنية منشآت الحجز الدائمة . يمكن استخدام العناصر هذه ، كمصدّات للمياه ، كما يمكن تصميمها ، على شكل عناصر ظفريّة متجهة نحو الأعلى ، أو على شكل عناصر مساعدة لربط الدعامات ، كما سبق توضيحه آنفاً .

ـ 4. 3. 3 الأوتاد الصفائحية :

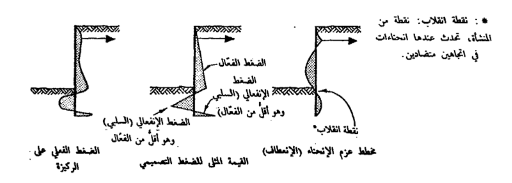
ـ 3.3.4.01 : يمكن أن تشاد الأوتاد هذه من الخشب أو من البيتون مسبق الصب ، إلاّ أنّها تتألّف عادة من مقاطع معدنية ، على شكل لفائف معشّقة ، مرخّص باستخدامها (ذات براءة) ، أنظر الشكل (7 ـ 3) ، خصوصاً ما كان منها مستخدماً ، في تنفيذ منشآت الحجز المؤقّتة . تدق العناصر هذه



الشكل (7 ـ 3) : يظهر الشكل الركائز الصفائحيّة .

عادة ، لتصل إلى كامل العمق المطلوب ، قبل البدء في الحفر ؛ وذلك باستخدام مطرقة الهواء المضغوط ، أو مطرقة النجار ، أو مطرقة الديزل ؛ إلاّ أنّ الأدوات المعتمدة على الإهتزاز أو الدوران اللولبي ، هي المستخدمة أحياناً ، في غرز الأوتاد .

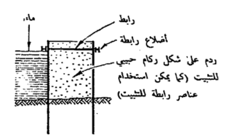
الصفائحيّة ، وذلك لتخفيض شدّة الصوت ، وتجنُّب الضجّة ، ومنع حدوث الإهتزازات الخطرة . تمنح تعاشيق الصفائح ، فرصة هائلة لتحقيق عزلاً تاماً ، يمنع تسرُّب المياه . يمكن للأوتاد الصفائحيّة أن تصمَّم كعناصر ظفريّة ، صالحة لأعماق مكشوفة تتراوح مابين (3m- 4m) ، ويمكن أيضاً دعمها بطرق أخرى ، من خلال أضلاع فولاذيّة رابطة أو مثبِّتات أرضيّة ، أو بواسطة روابط داخليّة ، أو كتائف تثبيت تقع إلى القرب من السطح العلوي للتربة . تحتاج الأوتاد الصفائحيّة ، التي تزيد أعماقها عن (8m- 10m) ؛ إلى دعمات تقع عند منتصف المنسوب . كذلك فإنّ أيِّ مصدٍّ للمياه ، يعتمد في تصميمه على تواجد أوتاد ، لابدّ لأوتاده من اختراق التربة المكشوفة ، إلى أن تصل إلى عمق كاف لتحقيق ثبات المنشأة ، وكذلك لابدّ من ابتكار أسلوب كفوء ، لإنجاز اختراق كاف لتحسين استقرار المنشأة ضمن التربة ، حتى ولو كانت الصفائح هي أيضاً



الشكل (8 ـ 3) : يظهر الشكل مخططي العزم والضغط للركائز الصفائحيّةالمشكّلة على شكل جدار مستند بإحكام من الأسفل ومثبّت بمسامير مصوملة من الأعلى .

مترابطة . يتوزّع الضغط النموذجي ، وتنتشر عزوم الإنحناء لحالة كهذه ، كما هو موضّح في الشكل (8 ـ 3) . يمكن تعيين منحني توزيع الضغط المبسّط ، الذي يمكن إدخاله في التصميم ، من خلال معرفتنا لقيمة الفرق ما بين ضغطي التربة ، الفعّال والسلبي ، وذلك حالما تتحدّد نقطة الإنقلاب ، وهي النقطة التي يكون فيها عزم الإنحناء مساوياً للصفر . يتطلّب تصميم الأوتاد الصفائحيّة ، مهارات

تخصُّصيّة ، تندرج ضمن أحد فروع الهندسة . يمكن الحصول على إرشادات تسهيل إجراءات التصميم التمهيديّة ، من الكتّيبات التي تنشرها الشركات الإختصاصيّة ، حيث أنّ تلك الكتّيبات ، يمكن لها أن تزوِّدنا أيضاً ، بمعلومات مفيدة ، تتضمّن تفاصيل عمليّة ، لحلِّ العديد من المشاكل التصميميّة ، كمشكلة صدأ الصفائح مثلاً . يمكن استخدام الأوتاد بأطوال تصل إلى (18m) ، إلاّ أنّ اختراق تلك الأوتاد للتربة القاسية ، تحدِّدها درجة ممانعة التربة لقوى الإيلاج. لهذا السبب ، يمكن أن تكون أبعاد المقاطع العرضيّة ، أضخم من تلك التي تم حسابها ، وفقاً لضغط التربة ، كما أنّه ينبغي ترك هامش أبعاد ، لتغطية ما يمكن أن تخسره الصفائح من أبعاد ، نتيجة الصدأ .



الشكل (9 ـ 3) : يظهر الشكل سدّ إنضاب على شكل جدار مؤلّف من ركيزتين صفائحيتين مترابطتين معاً .

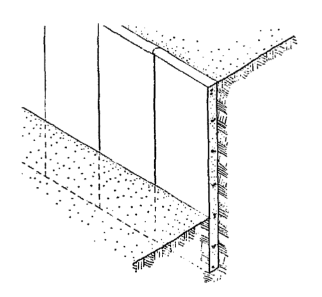
ـ 5. 3. 3 سدود الإنضاب :

ـ3 . 3 . 5 . 01 : سدود الإنضاب ؛ هي عادة واحدة من المنشآت المؤقّتة ، المشادة داخل قنوات المياه ، أو ضمن تربة مشبعة بالمياه ، وذلك لإبعاد الماء ، عن الحيِّز المخصّص لإجراء الأعمال الإنشائيّة . يمكن أن يصل عمق السد الى حوالي (15m) ، وهو يستخدم لحصر مساحات ضخمة ، كما يستخدم على شكل منشآت صندوقيّة الطراز ، بسيطة الأبعاد والأشكال ، متواجد ضمن الأعمال المراد تنفيذها . تعدُّ أوتاد الصفائح الفولاذيّة ، من أكثر المواد شيوعاً في إنشاء سدود الإنضاب ؛ إلاّ أنّ الجسور ، المحابس (سيتم توضيحها لاحقاً) ؛ الأوتاد المجوّفة

والصفائح الوتديّة ، هي أيضاً من المواد التي يمكن استخدامها في سدود الإنضاب . يوضح الشكل (9 ـ3) سدّ إنضاب نموذجي مزأبر «ذو أوتاد» ، مؤلّفاً من جدارين فولاذيين ، تفصل بينهما حشوة حبيبيّة القوام للتثبيت .

ـ 3.6 .3 الأوتاد المجوفة :

ـ 3.3.6.01 : تستخدم الأوتاد البيتونيّة المجوّفة المصبوبة في الموقع ؛ لتشكيل منشآت الحجز الدائمة والمؤقّتة . يمكن للأوتاد أن ترتبط ببعضها تناكبياً ، كما يمكن لها أن تثبّت إلى بعضها بحلقات . تمتلك الأوتاد المجوّفة خصائص مشابهة للجدران القشريّة ، والذي يعدُّ استخدامها الأكثر شيوعاً .



الشكل (10ـ 3) : يظهر الشكل عناصر الجدار الرقي .

ـ 7. 3. 3 الجدران الرقائقيّة :

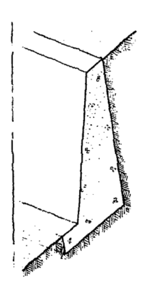
ـ 3.3.7.01 : تتبنّى الأوساط المعماريّة اليوم ؛ الجدار هذا لتدلّ به على جدار مشاد من البيتون المسلّح ، قد صبّ داخل خندق عميق ، أنظر الشكل (10 ـ 3) . تنفّذ الشركات المتخصّصة أمثال الجدران هذه ، إلى جانب العديد من الجدران ذات الأشكال والأساليب الإنشائيّة المغايرة . يعتمد الإنشاء على

إجراء رئيسي ، يتمثّل بإنشاء الجدار على شكل بوائك ، يصل طول إحداها إلى حوالي ستة أمتار . تستخدم الآلات الميكانيكيّة ، في حفر الخندق إلى العمق المطلوب ، حيث يصار بعد ذلك وفي الحال ، إلى استبدال التربة المزالة ، ليحلّ محلّها وحل البنتونيت[٥] ، الممزوج بصلصال خاص ، ذي خصائص ، تجعله يتسيّل عند الرج ، أي بكلمات أخرى ، بصلصال يسلك سلوك السائل عند الهز ، ويتحوّل إلى مادّة هلاميّة صلبة (جل[٤]) عند السكون ، مما يجعلها مؤهّلة لدعم جوانب الخندق . يوضع بعدئذ حديد التسليح المطلوب ، على شكل قفص حديدي ، ويصب البيتون وفق خطّة ، تعتمد وسيلة أنبوب قادوس الصب المائي ، حيث يصب البيتون من الأسفل وباتّجاه الأعلى ، ليتم إزاحة البنتونيت ، الذي يمكن إعادة استخدامه ، لإطالة الجدار مسافة محدّدة . يمكن تنفيذ الجدار هذا على مراحل ، حيث تنفّذ الجدران البيتونيّة ، على شكل كتل منفصلة ، تخرج من أطرافها، قضبان حديد التسليح لمسافات كافية «تشاريك حديدية» . تعالج وتنفّذ الجدران الرقائقيّة ، المستخدمة كجدران مؤقّتة لحجز الأتربة ، معالجة وتنفيذ الأوتاد الصفائحيّة ، بينما تعالج وتنفّذ ، إن استخدمت كأجزاء من منشأة حجز دائمة ؛ معالجة وتنفيذ جدران الأقبية أو الجدران الإستناديّة .

ـ 02 . 7 . 3 . 3 : يمكن توظيف الجدار الرقائقي ، كسدٍّ يقف في وجه تدفّق المياه، إلاَّ أنَّ الوصلات الواقعة ما بين بوائكه ، تحتاج الى معالجة خاصّة ، لتجنّب ارتشاح الماء وتسرُّبه من خلالها . في حالة الجدار المبطّن ، يمكن تصريف المياه المرتشحة ، من خلال فجوة تقع على أحد طرفي الجدار . لا شكَّ باقتصاديّة ركائز الصفائح المعدنيّة ، المخصّصة لتنفيذ سدود مؤقّتة ، والتي يمكن استردادها ، بعد تحقيق الغاية منها ، ولا شك بأن بمساعدتها ، يمكن توفير الكثير من المال . ولكن يمكن أن تتحوَّل الجدران الرقائقيّة أيضاً ، الى جدران اقتصاديّة ، إن نفِّذت كجزء من منشأة دائمة ، كما أنَّ لاعتمادها ايجابيات ، تتمثَّل بامكانية تركيبها دون إحداث صخب أو اهتزازات ، كما يمكن أيضاً وضعها ملاصقة للأبنية المتواجدة أصلاً على الموقع ، والتي يتطلب الأمر فيها ، انشاء منشآت بأطوال قصيرة ، تعمل عمل دعمات تحمي المنشأة المشادة أصلاً على أرض الموقع ؛ من الانهيار .

- 3.3.8 : الجدران الاستنادية :

ــ 01 . 8 . 3 . 3 : تشاد الجدران الاستناديّة ، كمنشآت حرّة ، ما لم تعمل كجزء من منشأة أكبر . يمكن إدراج مجمل أنواع الجدران الإستناديّة ، ضمن مجموعة التصانيف التالية :



الشكل (١١ـ 3) : يظهر الشكل تفصيلة جدار مشاد من مواد بنائيّة .

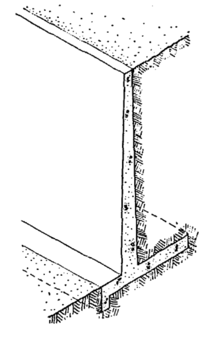
ـ **الجدران الكتلية أو الثقالية**[7] : انظر الشكل (11 ـ 3) :

ــ 02 . 8 . 3 . 3 : تتصف الجدران هذه ، بقدرتها الفائقة على مقاومة الإنقلاب وإجهادات الإنحناء[8] ، وذلك بفضل وزنها الذاتي الضخم . تشاد الجدران الثقاليّة عادة من البلوك ، الحجر ، أو البيتون العادي ، ويصل ارتفاعها الى (2m) .

ـ **جدران ظفرية لدنة** : انظر الشكل (12 ـ 3) :

ــ 03 . 8 . 3 . 3 : تشاد الجدران هذه في المكان ، وهي عادة جدران من البيتون المسلّح ، الذي يصل ارتفاع إحداها الى حوالي (6m) . ينقل الجدار

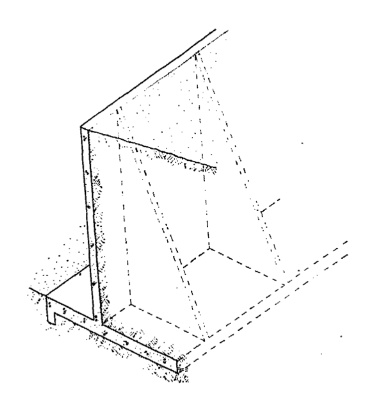
ضغط التربة الجانبي ، الى التربة الواقعة أسفل قاعدة الجدار ، بفضل مقاومة الإنثناء الذي يتحلىٰ بها الجدار المشاد من البيتون المسلّح . يُحْرَص حيثما كان ذلك ممكناً ، علىٰ أن يمتد جزء من قاعدة الجدار ، إلىٰ ما تحت مكان تواجد طبقة الردم الخلفيّة ، إذ يساهم وزن الردميّة ، في زيادة ثبات الجدار .



الشكل (12ـ 3) : يظهر الشكل تفصيلة جدار ظفري مشاد من مواد بنائيّة .

ـ **الجدران الدعاميّة الساندة**[9] : انظر الشكل (13 ـ 3)

ـ 04 . 8 . 3 . 3 : تستخدم الجدران الدعاميّة الساندة ، كجدران استناديّة ذات عمق ضخم ، حيث تعمل بشكل مشابه للجدران الظفريّة اللّدنة ، ما عدا القائم ، الذي تجري تقسيّته ، بإنشاء أكتاف داعمة[10] ، تشاد بعيداً عن قاعدة الجدار . يمكن تقوية الجدار ورفع صلابته ، بإضافة دعامات أفقيّة ، كما يمكن رفع درجة ثباته ، بربطه بشدّادات أو رواسي جانبيّة . تشاد الجدران اللدنة أحياناً ، علىٰ شكل جدران مسبقة الإجهاد شاقوليّاً ، خصوصاً لمنع حركة الجدار ، بعيداً عن تربة الأرض الحاملة له ، والناجمة عن هبوط مؤخرة التربة .

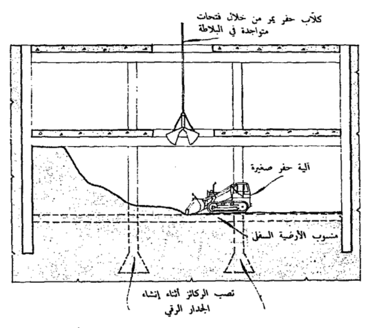


الشكل (13- 3) : يظهر الشكل تفصيلة جدار مثبّت بكتائف داعمة .

- 3.3.9 جدران القبو :

ـــ 01 . 9 . 3 . 3 : تعدُّ جدران القبو ، في منشآت الأبنية ، من أكثر الجدران الإستناديّة شيوعاً ، حيث يمكن لهذه الجدران أن تشاد ، على شكل جدران رقائقيّة ، أو جدرانٍ ركائزيّة مجوَّفة . كما يمكن إشادتها مشابهة لجدران إستناديّة منفصلة ، باستثناء قاعدتها ، إذ تشاد عادة ، كجزء من أرضيّة المنشأة ، أو كجزء من حصيرة مسلَّحة ، تشكِّل قاعدة للمنشأة بأكملها ، انظر الشكل (5 ـ 3 ـ جـ) . في حال كانت جدران القبو سطحيّة ، فإنَّه يمكن إنشاء الجدران من الآجر الكتيم ، وذلك توفيراً للمال . كما يمكن إنشاؤها على شكل جدار من

البيتون المسلَّح المصبوب في المكان . تصمَّم تفاصيل الجدران هذه ، لتعمل وكأنَّها جدران ظفريّة ، إلَّا أنَّ المصلحة عادة ، تقتضي تواجد أرضيّات علويّة رابطة ، مما يرفع كفاءة الجدار علىٰ تحمُّل الحمولات الجانبيّة . تساهم الأرضيّة السفلىٰ أو حصيرة الأساسات ، في رفع كفاءة جدران الأقبية ، إذ تقوم بمقاومة الضغط المتَّجه نحو الأعلىٰ ، والمتولِّد عن ارتفاع منسوب المياه الجوفيّة ، كما تساهم في مقاومة تأثيرات انتفاخ التربة تحت الأساسات .



الشكل (16ـ 3) : يظهر الشكل كيفيّة إنشاء قبو ابتداء من الأعلى وباتِّجاه الأسفل ، مستعينين على ذلك بالجدار الرقي .

ـ 02 . 9 . 3 . 3 : يتم تنفيذ جدران الأقبية من الأعلىٰ إلىٰ الأسفل ، حيث تستخدم الأرضيّات ، لتحقيق الدعم المؤقَّت والدائم للجدران الرقيّة ، أو جدران الركائز المجوَّفة ، انظر الشكل (16 ـ 3) .

- **البيتون الكتيم :**

ــ 03 . 9 . 3 . 3 : هناك العديد من الكتب التي تبحث في تفاصيل الجدران الإستناديّة ووظائفها ومتطلّبات إنشائها ، وهذه أمور لن نبحث فيها هنا ، بل ما سنناقشه في هذه الفقرة ، هي بعض الأمور الإشكاليّة المتعلّقة بإنشاء الجدران البيتونيّة ، القادرة علىٰ جعل الأقبية ، معزولة تماماً عن المياه المحيطة بها . إنَّ تحقيق أمر كهذا ، يحتاج إلىٰ براعية في التنفيذ ، وإلىٰ حسن اختيار التدابير الإحترازيّة ، التي تمكّننا من إنشاء جدران كتيمة من البيتون المسلّح ، دون اللجوء إلىٰ طليها أو إكسائها ببطانة مقاومة لتسرُّب المياه . إنَّ هذا لا يعني ، أنّه بإمكاننا إنشاء جدران مقاومة ، تمنع حتىٰ تسرُّب بخار الماء ، ولكن ما نعنيه ، أنّه بإمكاننا عمليّاً إن حرصنا ، أن نشيد جداراً كتيماً ، يمنع تسرُّب الرطوبة . من النادر عمليّاً ، إنشاء جدران تمنع عن الأقبية تسرُّب المياه مئة بالمئة ، ومن المحاولة الأولىٰ ، إلاَّ أنَّ عدداً من الإرتشاحات ، التي يمكن أن تُلْحَظ بعد استكمال أعمال الإنشاء ، يمكن سدّها بالتتالي وبإحكام ، مستعينين علىٰ ذلك ، بأساليب حقن الجدران تحت الضغط ، بالإسمنت المائع . إنَّ وجود الأغشية العازلة ، قد تؤدي إلىٰ إخفاء أماكن تواجد الرشوحات في بيتون المنشأة ، مما يجعل الترميمات أكثر دواماً وصعوبة .

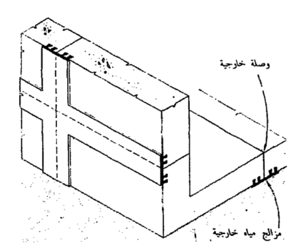
ــ 04 . 9 . 3 . 3 : يقوم بتصميم خلطة البيتون الكتيم ، مهندس مدني متمرِّس ، أما المتعهِّد ، فتقع علىٰ عاتقه مسؤولية تنفيذ تعليمات وتوصيات المهندس المصمِّم ، وبمنتهى الدقة . سنعرض فيما يلي ، لبعض النقاط ، التي تُعدُّ من أهم متطلبات التصميم ، والتي إن نفِّذت ، استطاع المنفِّذ ، تجنُّب نتاجاً بيتونياً ، حافلاً بالمسامات ، الشقوق ، وشروخ الإرتشاح :

1 ـ يرجُّ البيتون ، وتصمّم الخلطة بما يسمح بأن لا تقل مقاومة البيتون بعد مضي (28) يوماً عن ($27N/m.m^2$) ، وأن لا يقل محتوىٰ الخلطة من الإسمنت عن ($28Kg/m^3$) . يحرص عند استخدام المواد المضافة[11] ، علىٰ أن تكون من المواد التي تساعد علىٰ رفع قابليّة تشغيل[12] البيتون ، وأن لا تحتوي علىٰ كلوريد الكالسيوم .

2 ـ من المألوف استخدام البيتون ، لتغطية منشآت تتواجد تحت منسوب الأرض الطبيعيّة ، ومشادة من البيتون المسلَّح ، وفي هذه الحالة ، ينبغي أن لا تتجاوز الإجهادات التي تتعرَّض لها المنشأة السفليّة المغطاة بالبيتون ، الإجهادات التي يسمح للحديد القابل للطرق تحمُّله بشكل اعتيادي ، وهو متواجد ضمن عنصر عامل ، مشاد فوق منسوب الأرض الطبيعيّة .

3 ـ تصمَّم المقاطع بأبسط شكل لها ، ويتجنَّب المصمِّم عند اختيار شكل المقطع التغيُّرات الحادّة في سماكات الأجزاء المكوِّنة للمقطع .

4 ـ يستخدم لصب البيتون الكتيم ، قوالب خشبيّة صلبة ، خالية من الشقوق والفواصل ، ومستخدم لربط أجزائها ، لوالب مصوملة ، قاصرة عن اختراقها بالكامل .



الشكل (٦٥ـ 3) : يظهر الشكل تفصيلة مزالج المياه الخارجيّة لإحدى الأقبية .

5 ـ تنفَّذ الوصلات بدقّة ، حيث يتم تنفيذ مقاطع الوصلات بشكل قائم ، ويترك حديد التسليح ليخترقها ممتداً إلى مسافة كافية . يخشَّن سطح البيتون ، قبل المباشرة بمرحلة الصب اللاحقة ، والتي يجري فيها صب القطعة المقابلة . تختلف

الآراء بين محبِّذ ومعارض لتواجد مزالج المياه[3] ما بين طرفي الوصلة الإنشائيّة . وفي كلِّ الأحوال ، يبقى من المفيد عملياً ، استخدام مزالج المياه ما بين الوصلات الإنشائية الخارجيّة ، خصوصاً عند القسم الشاقولي منها ، انظر الشكل (3 ـ 15) .

6 ـ من الأمور غير المحبَّبة ، ملاحظة وصلات تمدُّد في جدران الأقبية ، إذ أنَّ معالجة مثل تلك الوصلات ، في غاية الصعوبة .

7 ـ تتحدَّد الغاية من وصلات التمدُّد ، ومن المسافات المتروكة فيما بينها ، وكذلك الغاية من تتابع المنشأة ؛ الوصول إلىٰ منشأة بعيدة قدر الإمكان ، عن تأثيرات وأخطار ظاهرة التقلُّص . من الصعب عملياً ، القضاء قضاء مبرماً علىٰ تواجد الشقوق أو الوصلات المكشوفة ، لذا كان من المستحسن ، تجميع الشقوق في مواضع بعينها . فعلىٰ سبيل المثال ، يمكن في جدار طويل ، استحداث ثقوب شاقوليّة ، يبعد محور إحداها مثلاً عن الآخر ، ما مقداره ستة أمتار . تقوم هذه الثقوب باستيعاب مخلَّفات ظاهرة التقلُّص ، ويمكن تغطيتها بأيٍّ وقت ، عن طريق حقنها بالإسمنت المائع .

هوامش الفصل الثالث

١ ـ **شدخ الشد** : شدخ صخري ثانوي ينشأ عمودياً على اتّجاه الشد الأقصى .

2 ـ **دعامة طبقيّة** : مجموعة ألواح خشبيّة مكوّم بعضها فوق بعض لتكوّن دعامة تمنع انهيار جوانب الحفرة .

3 ـ **أوتاد مفرّغة** : غير مصمتة .

4 ـ **رق** : لوح رقيق موضوع بين جزأين متوازيين لعضو من الفولاذ الإنشائي لزيادة جسوءته .

5 ـ **بنتونيت**: صلصال ينشأ من تحلل رماد بركاني، ويتركب أساساً من معدني المونتموريلونيت والبيريليت.

6 ـ **جل أوهلام**: نظام غرواني ثنائي الطور، يتكون من صلب وسائل.

7 ـ **جدار ثقالي**: جدار ساند يستقر رأسيا بقوة وزنه الذاتي.

8 ـ **إجهاد إنحناء**: إجهاد شد أو ضغط داخلي طولي، ينشأ في العارضة، نتيجة تقوس تسببه حمولة خارجية.

9 ـ **جدار دعامي ساند**: نوع من الجدران الاستنادية، على شكل جدار ظفري، ولكنه مربوط من الخلف بدعامات. جزء البلاطة الأمامي ظفري، ويوضع التسليح الرئيسي أفقيا.

10 ـ **كتف**: دعامة تقوية لجدار استنادي، متعامدة عليه ومتماسكة معه.

١١ ـ **مادة مضافة**: مادة تضاف الى أخرى لتحسينها أو تقويتها أو تغييرها بأية كيفية.

12 ـ **قابلية التشغيل**: وصف للسهولة التي يمكن بها صب البيتون.

13 ـ **مزالج المياه**: ستائر فواصل التمدد والفواصل الانشائية.

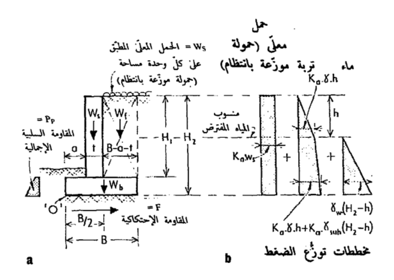
الفصل الرابع
الطريقة النموذجية لحساب جدار استنادي

– 4.0 المقدمة :

توضّح الدراسة هذه ، أسلوب تصميم جدار استنادي بسيط ، مشاد من البيتون العادي ، من الحجر أو من البيتون المسلّح .

ـ 4.1 اسلوب وخطوات التصميم :

ــ 01 . 0 . 1 . 4 : سنعرض من خلال مجموعة الفقرات المتتالية ، لإسلوب تصميم جدار ظفري بسيط ، كالموضَّح نموذجاً له في الشكل (1 ـ 4 ـ آ) . يصلح شكل الجدار هذا ، لكي يشاد على شكل جدار استنادي من البيتون المسلَّح ، أو على شكل جدار كتلي مشاد من البلوك ، الحجر أو على شكل جدار استنادي ، جذعه من البيتون العادي ، وقاعدته إما من البيتون العادي أو المسلَّح . يصلح اسلوب التصميم هذا ، لجدار ذي جذع مدرَّج أو متحدِّر خلفياً ، كما يستحسن أن يكون الجدار ذي عَقِب أو جسر طرفي ، وذلك لرفع مقاومة الجدار لقوى الإنزلاق ، وأيضاً لرفع قدرة الجدار على تحمُّل الحمولات الشاقوليّة المطبّقة .



الشكل (1 ـ 4 ـ آ) : يظهر الشكل جداراً استنادياً بسيطاً ، مثبّت من طرف واحد .
الشكل (1 ـ 4 ـ ب) : يظهر الشكل مخطّط توزيع ضغط التربة .

ـ 02 . 0 . 1 . 4 : يتعرَّض الجدار لضغط التربة الفعّال . يُفْتَرض من البداية ، أنَّ كلاً من التربة والتربة الردميّة ، مادتان غير متماسكتان ، ولهما خصائص ومواصفات متشابهة ، بحيث تكون :

زاوية الاحتكاك الداخليّة لكليهما : $\varnothing$

كثافة التربة فوق منسوب المياه الجوفيّة : Y

كثافة التربة المغمورة بالماء : $Y_{Sub} = Y_{Sat} - Y_w$

حيث : Y_{Sat} = كثافة التربة المشبعة بالماء .

و : Y_w = كثافة الماء = $(10KN/m^3)$.

ـ ملاحظة (1) :

يمكن استخدام أيٍّ وحدة متناغمة من وحدات القياس المعروفة ، لإتمام أعمال الحساب .

ـ ملاحظة (2) :

تُهْمَل قوىٰ الإحتكاك ما بين التربة المردومة والجدار ، في حسابات بسيطة كهذه .

لنضع قيمة لمُعَامِل الضغط الفعّال «K_a» ، موافقة لقيمة زاوية الإحتكاك الداخليّة «$\varnothing$» . تعطينا الفقرة $[(CE)CP_2]$ من الكود البريطاني ، القيم المناسبة لمعاملات الضغط الفعّال ، الموافقة لمختلف قيم زوايا الإحتكاك الداخليّة ($\varnothing$) .

ـ 03 . 0 . 1 . 4 : لنجري الدراسة بعد ذلك عند نقطة تبعد عن قمّة الجدار مسافة تساوي «X» .

● إذا كانت : $X \leqslant h$

فإن الضغط الشاقولي الفعلي يساوي : $P_0 = W_S + Y.X$

والضغط الفعّال : $P_a = K_a(W_S + Y.X)$

حيث :

W_S = شدّة وكثافة الحمل المعلّىٰ (الحمل المرتكز علىٰ مستوى قمّة الجدار الإستنادي) .

● إذا كانت : $X > h$

فإنَّ :

$$P_0 = W_S + Y.h + Y_{Sub}(X-h)$$

$$P_a = K_a[W_S + Y.h + Y_{Sub}(X-h)] + P_w$$

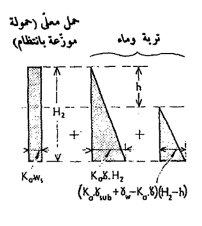
انظر الشكل (1 ـ 4 ـ ب) حيث :

P_W = ضغط الماء = $Y_w(X-h)$

إذاً :

$$P_a = K_a(W_s + Y.X) + (K_a.Y_{SUb} + Y_w)(X-h) - K_a.Y(X-h)$$

«المعادلة الأولى» انظر الشكل (2 ـ 4) .



الشكل (2 ـ 4) : يظهر الشكل توزُّع ضغطي المياه والتربة على جداراستنادي مثبّت من طرف واحد . يعدُّ ترتيباً كهذا ، هو الأنسب لإجراء حسابات الجدران البسيطة ، أنظر الشكل (1 ـ 4) . كافّة الضغوط والحمولات ، هي ضغوط وحمولات مطبّقة على واحدة الطول .

ـ 04 . 0 . 1 . 4 : القيم الشائعة على النطاق العملي هي :

$\varnothing = 35^\circ$

$K_a = 0.27$

$Y = 17.5\ KN/m^3$

$Y_{Sub} = 10KN/m^3 = Y_w$

حيث أن :

$K_a.Y = 4.7KN/m^2$ (a)

راجع الفصل الأول من الجزء الثاني .

$K_a.Y_{Sub}= 2.7KN/m^2.$

هذا يعني أنَّ :

$$K_a.Y_{Sub}+ Y_w= 12.7KN/m^2 \qquad (b)$$

تمثِّل المعادلة (a) ، الضغط الجانبي لكلٍّ متر عمق يقع فوق منسوب المياه الجوفيّة ، وذلك بعد إهمال الحمل المعلّق .

بينما تمثِّل المعادلة (b) ، الضغط الجانبي لكلٍّ متر عمق يقع فوق منسوب المياه الجوفيّة ، مضافاً إليه الضغط الواقع عند منسوب المياه الجوفيّة .

ــ 05 . 0 . 1 . 4 : لنعوِّض : $H_1=X$ في المعادلة (1) ، ولنحسب الضغوط الإجماليّة القاصّة (القوّة الأفقيّة الإجماليّة) ، المعرّضة لها كل وحدة طول من الجدار ، وذلك عند أسفل جذع الجدار الإستنادي ، والتي تجري التصاميم بمقتضىٰ قيمها ، ولنرمز لها بـ (P_S) .

$$P_S= K_a.W_SH_1+ K_a.Y \frac{H_1^2}{2} + (K_a.Y_{Sub} +Y_w- K_a.Y) \frac{(H_1-h)^2}{6}$$

فيكون عزم الإنثناء الموافق لكلٍّ وحدة طول «M_S» تساوي :

$$M_S= K_a.W_s. \frac{H_1^2}{2} +K_a.Y \frac{H_1^3}{6} +(K_a.Y_{Sub}+ Y_w-K_a.Y) \frac{(H_1-h)^3}{6}$$

ــ 06 . 0 . 1 . 4 : يصمّم جذع الجدار المشاد من البيتون المسلّح وفق الطريقة التقليديّة ، بما يتوافق وقيم القوىٰ هذه ، إضافة إلىٰ الحمولة الشاقولية . يحسب الجدار الكتلي ، بعد معرفة سماكة جذع الجدار ، فإن كانت سماكة جذع الجدار تساوي (t) ، وكان وزن الجذع لكلٍّ وحدة طول تساوي «W_S» فإنَّ :

$$\text{إجهاد القص الأعظمي} = \frac{1.5P_S}{t}$$

الإتّجاه موحّد وإجهادات الثني تساوي :

إنضغاط أعظمي $\frac{W_S}{t} + \frac{M_S}{t^2/6}$

وشد إن كانت سالبة وهذا غير مسموح به : $\frac{W_s}{t} + \frac{M_S}{t^2/6}$

ــ 07 . 0 . 1 . 4 : إن استبدلنا (H_2) بـ (H_1) ، فإنَّ صيغ المعادلات تتحوَّل من حساب لـ (P_S و M_S) إلىٰ حساب (P_b و M_b) ، وهما علىٰ التوالي ، القوى الأفقيّة الإجماليّة وعزم الإنقلاب عند القاعدة ، والناشئة عن ضغط التربة . لنفرض أنَّ الوزن الإجمالي لتربة الردمية ووزن الماء الذي يعلو القاعدة = (W_F) لكلٍ وحدة طول (بما فيها الحمل المعلّق) . ولنفرض أن وزن القاعدة الإجمالي =(W_b) ، لكلٍ وحدة طول . لنحسب بعدئذ عزوم الحمولات الشاقوليّة حول المسند[1](O) .

العزم الموازن = $W_S(a+ \frac{t}{2}) +W_F (B- \frac{B-a-t}{2}) +W_b. \frac{B}{2} = M_r$

يُهْمَل عادة ضغط التربة الإنفعالي (السلبي) ، الواقع في مقدِّمة الجدار ، عدا ذاك المخصّص لمقاومة قوىٰ الإنزلاق .

لنفرض أنَّ المسافة التي يبعد بها المركز المتوسِّط لمراكز تطبيق الحمولات الشاقوليّة عن النقطة (O) تساوي ($\overline{X}$) فتكون :

$$\overline{X} = \frac{M_r}{W_S+W_F+W_b}$$

لنفرض أنَّ مسافة لا مركزيّة القوىٰ المطبَّقة علىٰ القاعدة تساوي «e» فتكون :

$$e= \frac{B}{2} -\overline{X}$$

ــ 08 . 0 . 1 . 4 : لنفرض أيضاً أنَّ المقاومة الإنفعالية (السالبة) الإجماليّة ، المقابلة لقوىٰ الإنزلاق هي (P_b) ، انظر [(CE)CP$_2$] . وأن مقاومة

١ ـ مِسْنَد: هو جزء من قاعدة جدار استنادي، يقع عند الجهة المقابلة للمادة المسنودة.

الإحتكاك الإجماليّة المقابلة لقوىٰ الإنزلاق تساوي «F» ، فيكون ووفقاً لـ [(CE)CP$_2$] :

$$F=[W_S+ W_F+ W_b- Y_W (H_2-h)B] \tan\varnothing$$

ويكون عامل الأمان المقابل لقوىٰ الإنقلاب يساوي :

$$\frac{M_r}{M_b}$$

ويكون عامل الأمان المقابل لقوىٰ الإنزلاق يساوي :

$$\frac{P_P+F}{P_b}$$

ووفقاً لـ [(CE)CP$_2$] ، فإنَّ كلا القيمتين ينبغي أن لا تقل عن (2) .

ـ 09 . 0 . 1 . 4 : تصمّم قاعدة الأساس وفق الطريقة النظاميّة ، آخذة بعين الاعتبار مجموع الحمولات الشاقوليّة المساوية ($W_S+W_b+W_F$) ، عند نقطة لا مركزيّتها تساوي (e) ، وعزم انقلاب مساوٍ لـ (M_b) .

ـ 10 . 0 . 1 . 4 : إن كانت التربة غضاريّة ، فإنَّ تصميم الجدار يعتمد علىٰ القيم العدديّة للضغوط المعطاة آنفاً (يهمل ضغط الماء) ؛ شريطة حساب الضغوط الفعليّة للتربة الغضاريّة وفقاً لـ [(CE)CP$_2$] ، دون اعتماد الحالة الأسوأ . ينبغي في هذا الصدد ، التحقّق من إمكانيّة حدوث الإنزلاق الدوراني ، وبالتالي يعاد تقييم أو تقدير (F) ، بناء على متطلّبات التحقّق ، والواردة في تعليمات [(CE(CP$_2$] .

ـ 11 . 0 . 1 . 4 : إنَّ أبعاد الجدار الإفتراضيّة المعتمدة قبل الحساب هي :

جدار كتلي $t=0.25H_1$

لجدار مسلّح على أن لا تقل عن (230m.m) $=0.085H_1$

تتراوح ما بين : $B=0.5H_2-0.67H_2$

$a=0.33B$

سماكة القاعدة = 0.15B = (كحد أدنىٰ : 300m.m)

الفهرس



ـ هذا الكتاب ـ

تناولٍ هذا الكتاب أحوال وسلوكية التربة ، وتصرُّفاتها إزاء المتغيرات الخارجيّة ، كما تناول بنية شتىٍّ أنواع التربة المعروفة ، الى جانب خصائص ومواصفات كلٍّ منها . تطرّق الكتاب أيضاً الى بنية التربة الضارّة بالمنشآت المشادة عليها ، والإجراءات المتبّعة لتحسين التربة ورفع قدرتها على التحمُّل . تناول الكتاب أيضاً أنواع الجدران المستخدمة في حجز الأتربة ، كما تطرّق إلى تفاصيلها وطرق حسابها .

